

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2010

MARTINA VOTRUBCOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

**VLIV ORIENTACE NĚKTERÝCH POLOPROPUSTNÝCH
TEXTILIÍ NA JEJICH PAROPROPUSTNOST MĚŘENOU NA
PŘÍSTROJI TYPU SKIN MODEL**

**EFFECT OF ORIENTATION OF SOME SEMI-PERMEABLE
FABRIC ON THE MEASURED WATER VAPOR IN THE SKIN
TYPE OF DEVICE MODEL**

Martina Votrubcová

KHT-738

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Iveta Vyskočilová

Rozsah práce:

Počet stran textu ...36

Počet obrázků26

Počet tabulek6

Počet grafů.....6

Počet stran příloh..2

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martina VOTRUBCOVÁ**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Textilní marketing**
Název tématu: **Vliv orientace některých polopropustných textilií na jejich paropropustnost měřenou na přístroji typu Skin Model**
Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište princip, strukturu a složení polopropustných textilií, které zabraňují průniku kapalně vody avšak propouštějící vodní páru.
2. Uveďte základní poznatky o termofyziologickém komfortu textilií a způsobech hodnocení jejich tepelného a výparného odporu.
3. Opatřete 8 -10 vzorků tenkých polopropustných laminátů resp. textilií s polopropustným zátěrem bez vnitřní ochranné textilie, a na přístroji PERMETEST proměřte jejich výparný odpor při obou orientacích textilie vzhledem k povrchu měřicího přístroje. Stejně vzorky pak proměřte klasickou gravimetrickou metodou.
4. Vyhodnoťte vliv struktury a složení a zejména pak orientace vzorků při měření na jejich výparný odpor, a získané údaje porovnejte s jejich paropropustností získanou gravimetricky. Pro vyloučení případného vlivu tepla odebíraného či vznikajícího v polopropustné vrstvě zopakujte měření na PERMETESTU s přidanou porézní mezivrstvou (podšívkou), nacházející se mezi testovanou textilií a přístrojem.
5. Naměřené hodnoty měření zpracujte statisticky a zobrazte graficky. Výsledky z přístroje PERMETEST a výsledky měření gravimetrických porovnejte a zdůvodněte. K vysvětlení vlivu mezery na výparný odpor použijte jednoduchý matematický model. V závěru práce dle možností navrhnete úpravu měřicí metody, která by při obou orientacích vzorku poskytovala stejné výsledky.

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
Katedra hodnocení textilií

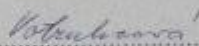
V Liberci 29. 4. 2010

Žádost o změnu termínu odevzdání bakalářské práce

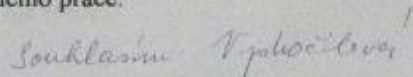
Žádám o změnu termínu odevzdání bakalářské práce na školní rok 10/11

Důvod odkladu: Nedostatek času na provedení veškerých měření, potřebných pro bakalářskou práci. Časově náročné měření vzorků Gravimetrickou metodou na Katedře oděvnictví.

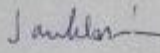
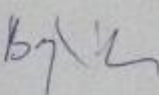
Děkuji za vyřízení


Martina Votrubcová

Vyjádření vedoucího práce:



Vyjádření vedoucího katedry:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové (bakalářské)* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (*bakalářské*) práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové (*bakalářské*) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové (*bakalářské*) práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 20. 12. 2010

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat především svojí vedoucí práce Ing. Ivetě Vyskočilové za cenné rady a připomínky k mé bakalářské práci. Dále děkuji Ing. Rudolfu Třešňákovi za umožnění měření v laboratořích KOD a Ing. Janě Grabmüllerové za ochotu při zpracování obrázků z elektronového mikroskopu. A v neposlední řadě Prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc. za návrh zajímavého tématu ke zpracování.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá problémem vlivu orientace polopropustných textilií na jejich paropropustnost.

Cílem této práce bylo určit, jaký vliv má orientace vzorku na jeho paropropustnost a také porovnat odchylky ve výsledcích získaných Klasickou gravimetrickou metodou s výsledky naměřenými na přístroji PERMETEST.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Komfort

Paropropustnost

Výparný odpor

Polopropustná membrána

PERMETEST

Orientace

ANNOTATION

This thesis deals with the problem of the influence of semi-permeable fabric orientation on the vapor permeability.

The aim of this study was to determine how much influence the orientation of the sample to the vapor permeability and also to compare the variation in results obtained by the classical gravimetric method with those obtained by the device PERMETEST.

KEY WORDS:

Comfort

Vapor permeability

Evaporative resistance

Semi-permeable membrane

PERMETEST

Orientation

OBSAH:

ÚVOD	10
1. TEORETICKÁ ČÁST	11
1.1 Komfort	11
1.1.1 Termofyziologický komfort textilií	11
1.1.2 Tepelný komfort a stres	12
1.1.3 Způsoby hodnocení tepelného a výparného odporu	12
1.1.3.1 Zjišťování relativní propustnosti vodních par dle ČSN 80 0855 (Gravimetrická metoda)	12
1.1.3.2 Stanovení parametrů termofyziologického komfortu pomocí SKIN MODELU	13
1.2 Odvod kapalné vlhkosti z povrchu těla	13
1.2.1 Difúzní odvod vlhkosti	13
1.2.2 Kapilární odvod vlhkosti	14
1.2.3 Sorpční odvod vlhkosti	14
1.3 Výpočet termofyziologických vlastností	14
1.3.1 Stanovení relativní propustnosti pro vodní páry	14
1.3.2 Stanovení výparného odporu	14
1.4 Biotermomechanika a TBN – přirozené tepelné bariéry	15
1.4.1 Vnitřní a vnější tepelná bariéra	15
1.4.1.1 Vnitřní přirozená tepelná bariéra	15
1.4.1.2 Vnější umělá tepelná bariéra	16
1.4.2 Adaptabilita organismu na vnější podmínky	16
1.4.2.1 Potní systém	16
1.5 Textilie zabraňující průniku kapalné vody avšak propouštějící vodní páru	17
1.5.1 Laminování užitím membrán	18
1.6 Membrána soft shell windbarrier	18
1.6.1 Typy membrán	19
1.7 Popis měřících přístrojů	19
1.7.1 Přístroj PERMETEST	19
1.7.2 Klasická metoda	20
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	22
2.1 Popis vzorků materiálu	22
2.1.1 Porovnání vzorků - řez	22
2.2 Měření vlastností vzorků	31
2.2.1 Měření vzorků na přístroji PERMETEST	31
2.2.1.1 Statistika	31

2.2.2	Měření vzorků klasickou metodou	35
2.3	Porovnání výsledků měření na přístroji PERMETEST s klasickou gravimetrickou metodou	36
2.4	Porovnání vlivu struktury, složení a orientace na výparný odpor	37
2.4.1	Porovnání vlivu orientace na výparný odpor	37
2.4.2	Porovnání vlivu struktury na výparný odpor	39
2.4.2.1	Porovnání vzorků	39
ZÁVĚR		46
ZDROJE:		48
SEZNAM TABULEK		49
SEZNAM OBRÁZKŮ		50
SEZNAM PŘÍLOH		51

Úvod

Tato práce se zabývá vlivem orientace polopropustných textilií na jejich paropropustnost a rozdíly mezi měřením na přístroji PERMETEST a měřením gravimetrickou metodou.

Práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část. V teoretické části je definován komfort a jeho rozdělení a jsou zde představeny i způsoby jeho hodnocení pomocí výparného odporu a paropropustnosti, tedy schopnost textilie propouštět vlhkost ve formě vodní páry. Je zde také vysvětlen význam vnější umělé tepelné bariéry na zachování termofyziologického komfortu lidského organismu. V této části je také uvedeno, jaké jsou typy textilií zabraňující průniku kapalné vody, avšak propouštějící vodí páru, typy membrán a popis měřících přístrojů.

V experimentální části je uveden popis vzorků materiálů, postup a výsledky měření. Pro lepší přehlednost jsou výsledky převedeny do grafů a tabulek. Na konci experimentální části jsou výsledky porovnány a vyhodnoceny.

Cílem této práce bylo zjistit, jak velký vliv má orientace vzorku na jeho paropropustnost a také porovnat odchylky ve výsledcích získaných Klasickou gravimetrickou metodou s výsledky naměřenými na přístroji PERMETEST.

1. Teoretická část

1.1 *Komfort*

Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce organismu v optimu, a kdy okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Nepřevládají pocity tepla ani chladu, je možné v tomto stavu setrvat a pracovat.

Komfort je vnímán všemi lidskými smysly kromě chuti, v následujícím pořadí důležitosti: hmat, zrak, sluch, čich.

Při diskomfortu mohou nastat pocity tepla nebo chladu. Pocity tepla se dostavují při větším pracovním zatížení nebo při působení teplého a vlhkého klimatu. Pocity chladu se dostavují především jako reakce na nízkou teplotu klimatu nebo nízké pracovní zatížení.

Komfort dělíme na psychologický, sensorický, termofyziologický a patofyziologický.[1]

1.1.1 Termofyziologický komfort textilií

Termofyziologický komfort poskytovaný oděvem lze hodnotit buď pomocí přístrojů, které přesně charakterizují příslušný fyzikální děj, ale bez přímého vztahu k podmínkám platícím v systému pokožka – oděv – prostředí, nebo lze přenos tepla a vlhkosti měřit za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla.

Termofyziologický komfort oděvů resp. Textilií lze pak zjednodušeně charakterizovat pomocí dvou základních parametrů: tepelného a výparného odporu. Místo parametru paropropustnost můžeme zde použít parametr výparný odpor, který u měření simulujících reálné přenosové jevy při nošení oděvu přímo charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu. Zde rozlišujeme celkový výparný odpor oděvu a výparný odpor vrstvy vnějšího přilehlého vzduchu, tzv. mezní vrstvy.

Termofyziologický komfort lze vyjádřit jako stav tepelné pohody. Nedochází k pocení organismu a nenastává ani pocit chladu. [1]

Termofyziologický komfort nastává za těchto podmínek:

- teplota pokožky 33 – 35 °C
- relativní vlhkost vzduchu $50 \pm 10\%$
- rychlost proudění vzduchu $25 \pm 10 \text{ cm.s}^{-1}$
- obsah CO₂ 0,07%
- nepřítomnost vody na pokožce.[1]

1.1.2 Tepelný komfort a stres

Vzroste-li teplota jádra těla nad 37 °C, nervové signály kožních senzorů způsobí pocit horka a nepohody. Výsledkem jsou reakce, které vedou ke změně chování, jako je vyhledávání stínu, snížení počtu vrstev oblečení, snížení svalové aktivity na minimum apod. prvořadý význam pro snížení teploty tělesného jádra však má odvod tepla do okolního prostředí konvekci, sáláním, vedením a pocením. Přitom okolo 90 % tepla z těla prochází kůží, která proto představuje klíčovou složku tepelné bariéry a zajišťuje tepelnou rovnováhu a pocit tepelné pohody.

Tepelný komfort, čili pocit tepelné pohody, lze stanovit pomocí indexu tepelného stresu (HSI). Vyjadřuje se v procentech pro potem vlhký povrch kůže. Index tepelného stresu, nebo jinak velikost tepelného zatížení, je roven poměru skutečného výpotku k maximálně možnému. Pokud je HSI menší než 20 %, je tělo ve stavu tepelného komfortu, v rozmezí hodnot mezi 30 % až 60 %, lze stav tepelného zatížení považovat za nepříjemný, ale stále ještě jej lze tolerovat. Jestliže však HSI stoupne nad 60 % je tento stav nepříjemný a tolerovat nelze. Proto je otázka odvodu potu z lidského těla a jeho ochlazování tak důležitá.[3]

1.1.3 Způsoby hodnocení tepelného a výparného odporu

1.1.3.1 Zjišťování relativní propustnosti vodních par dle ČSN 80 0855 (Gravimetrická metoda)

Měření spočívá v upevnění kruhového vzorku textilie na misku obsahující silikagel, zvážení misky se vzorkem (G_0) před expozicí v klimatizační skříni, zvážení (G_1) po 6 hodinové expozici a výpočtu relativní propustnosti P_{rel} dle vztahu (1)

$$P_{rel} = \frac{G_1 - G_0}{G_0} [\%] \quad (1)$$

nebo také propustností absolutní (2)

$$P_{abs} = \frac{G_1 - G_0}{S\tau} [\text{kg/m}^2\text{hod}] \quad (2)$$

S_τ ... doba expozice

Měření propustnosti textilií pro vodní páry může být provedeno dvěma způsoby – přímou metodou nebo invertovanou metodou a to buď s použitím vody nebo silikagelu.

Nevýhodou metody je její zdlouhavost a nízká přesnost, daná časově nelineární sorpcí vysoušedla.

1.1.3.2 Stanovení parametrů termofyziologického komfortu pomocí SKIN MODELU

Jako model kůže zde slouží vyhřívaná a zvlhčovaná porézní deska, která je zároveň základem přístroje. Deska slouží k simulaci procesů přenosu tepla a hmoty, ke kterým dochází mezi lidskou pokožkou a okolím. Měření se mohou provádět buď separátně, nebo při měnících se vnějších podmínkách, zahrnujících kombinaci různých teplot, relativní vlhkostí a rychlostí proudění vzduchu. Naměřené hodnoty mohou tedy odpovídat různým ustáleným i proměnlivým okolním podmínkám nošení oděvu.

1.2 Odvod kapalné vlhkosti z povrchu těla

Vodu ve formě potu produkuje lidský organismus v rámci termoregulační činnosti. Termoregulace znamená schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu. Ochlazování těla pocením je výsledkem dvou různých procesů:

1. změnou produkce a vylučování potu, což jsou děje fyziologické
2. změnou odpařování vyloučeného potu, což je děj fyzikální závisící na vlastnostech okolního prostředí

Produkce potu není na všech místech těla stejná a u každého člověka může být množství produkovaného potu jiné. Množství potu je dáno teplotou proudící krve v podkoží a regulačním centrem hypothalamu.

Ochlazovací efekt vznikne jedině při odpaření potu. U oblečeného člověka rozeznáváme tyto principy odvodu vlhkosti:

- difúzí
- kapilárně
- sorpčně

Všechny tři výše uvedené mechanismy se odvodu vlhkosti zúčastňují současně. Kapilární odvod vlhkosti je nejrychlejší, dále difúzní a v poslední řadě způsob sorpční.

1.2.1 Difúzní odvod vlhkosti

Difúzní odvod potu z povrchu kůže přes textilií je zajištěn prostřednictvím pórů. Vlhkost prostupuje textilií směrem nižšího parciálního tlaku vodní páry. Difúzní odpor jednotlivých

vrstev (tričko, mikina, bunda) je pak sčítán. Značkou roli zde hraje i odpor vzduchových vrstev. Díky vyšší porositě mají některé materiály (např. pleteniny) vyšší propustnost pro vodní páry než tkaniny.

1.2.2 Kapilární odvod vlhkosti

Kapilární odvod potu spočívá v tom, že pot v kapalném stavu, který ulpívá na kůži, je v kontaktu s první textilní vrstvou a jejími kapilárními cestami vzlíná do její plochy všemi směry, eventuálně do dalších textilních vrstev. Jedná se o tzv. knotový efekt. Tento proces přenosu vlhkosti přes póry textilie je jedním z nejdůležitějších a nejrychlejších z hlediska fyziologického komfortu. Prostup vodních par je tím vyšší, čím vyšší je poréznost textilie. Kapilární odvod potu je závislý zejména na smáčecí schopnosti textilie. Pokud byla provedena nějaká povrchová úprava vláken (např. laserová), zvýší se kapilární tlak a takto upravené materiály vykazují vyšší knotové vlastnosti.

1.2.3 Sorpční odvod vlhkosti

Sorpční proces předpokládá vznik vlhkosti nejprve do neuspořádaných mezimolekulárních oblastí ve struktuře vlákna a následném navázání na hydrofobní skupiny v molekulové struktuře. Je to nejpomalejší proces podmíněný alespoň částečným použitím sorpčních vláken u dané textilie. [1]

1.3 Výpočet termofyziologických vlastností

1.3.1 Stanovení relativní propustnosti pro vodní páry

Propustnost textilií pro vodní páry P [%] je parametr, kde 100% propustnost představuje tepelný tok q_0 vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jako měřený vzorek. Zakrytím této hladiny měřeným vzorkem se tepelný tok sníží o hodnotu q_v .

Platí:

$$P = 100 \left(\frac{q_v}{q_0} \right) [\%] \quad (3)$$

1.3.2 Stanovení výparného odporu

$$R_{et} = (P_m - P_a) \cdot (q_v^{-1} - q_0^{-1}) [m^2 Pa/W] \quad (4)$$

P_m ... nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice [Pa]

P_a ... parciální tlak vodní páry ve vzduchu při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru [Pa].

[1]

1.4 Biotermomechanika a TBN – přirozené tepelné bariéry

Lidské tělo představuje biologický systém, který se vyznačuje funkcí tepelné bariéry, která je součástí termoregulačního systému v těle.

Přirozené tepelné bariéry (TBN) chrání živočichy, ale i rostliny, před nadměrným ohřevem či ochlazením, tedy před takovým přetížením teplem nebo chladem při němž již dochází ke zkolabování termoregulačního systému. Termoregulační systém pracuje spolehlivě do doby než je překročena určitá charakteristická teplota (u člověka jde o střední teplotu krve).

Tepelný proces probíhající v těle člověka vystaveného intenzivnímu toku tepla nebo chladu silně ovlivňuje jeho fyziologickou a psychickou činnost a tím i jeho pracovní schopnost a v neposlední řadě i jeho zdraví. Jedná se především o pracovníky v hutnictví, hornictví, strojírenství, energetice, sklářství, ale i potápěče a kosmonauty.

Pokud je povrch těla zatížen teplem nebo chladem nad regulační pásmo charakteristické teploty, dochází k porušení termoregulačního systému v těle, jehož centrum je uloženo v mozku. Při lokálním působení intenzivního zdroje tepla či chladu může dojít k poškození živé tkáně, jako jsou popáleniny nebo naopak omrzliny. [3]

1.4.1 Vnitřní a vnější tepelná bariéra

Vnitřní tepelná bariéra je přirozená bariéra lidského těla a společně s vnější umělou tepelnou bariérou chrání tělo před účinky horka či chladu, před přehřátím (hypertermií) či podchlazením (hypotermií). Tepelné bariéry slouží k řízení tělesné teploty v lidském těle.

1.4.1.1 Vnitřní přirozená tepelná bariéra

Vnitřní tepelná bariéra má dvě složky, statickou a dynamickou. Statická složka je tvořena uspořádáním jednotlivých anatomických vrstev těla, přitom tepelná vodivost jednotlivých vrstev roste směrem od kožní vrstvy k nitru těla. Dynamická složka vnitřní tepelné bariéry je součástí termoregulačního systému v těle. Zjednodušeně lze říci, že vnitřní tepelná bariéra je tvořena kůží a krevním řečištěm.

Kůže je složena ze tří vrstev. Vnější vrstva se nazývá epidermis (česky pokožka) a je ze všech vrstev nejtenčí. Následuje dermis (kožní vrstva) a hypodermis (podkožní vrstva).

Epidermis je představována odumřelými buňkami a nejsou v ní krevní cévy. K přenosu tepla dochází vedením a je charakteristická vysokým tepelným odporem. Dermis je již vlastní kožní vrstvou, obsahuje krevní cévy, nervy a potní žlázy a mimo jiné i smyslové receptory tepla a chladu. Typickým přenos tepla v této vrstvě probíhá konvekcí a vedením. Tato vrstva tvoří hlavní část termoregulačního systému a dynamické tepelné bariéry v lidském organismu. Hypodermis zahrnuje tukovou a pojivovou tkáň, připojuje se ke svalovině. K přenosu tepla se uplatňuje v první řadě vedení a vyšší tepelný odpor.

Krevní oběhový systém je úzce spojen s dynamickou složkou vnitřní tepelné bariéry. Při radikálním vnějším zvýšením nebo snížením teploty těla dochází ke kontrakci a dilataci cév, čímž se ovlivňuje objem krevního průtoku. Na velikosti průtoku krve je silně závislá dynamická složka tepelného odporu, která se v závislosti na množství proudící krve může měnit až pětinasobně. [3]

1.4.1.2 Vnější umělá tepelná bariéra

Vnější umělá tepelná bariéra je vytvářena oblečením, tímto vzniká tepelný odbor mezi povrchem těla a okolím. Důležitými vlastnostmi oděvu proto jsou pórovitost, pohltivost povrchu, tepelná prostupnost, barva a další vlastnosti, umožňující vedení tepla, přestup tepla konvekcí, radiací a vypařováním. Vnější tepelná bariéra bývá obvykle statická. Ve speciálních případech s řízeným ochlazováním či ohřevem skafandru. Vnější tepelná bariéra má velký význam při udržování stálé tělesné teploty. Pro práci za vysokých teplot se proti přehřátí organismu používají speciální ochranné oděvy s vysokou odrazivostí lesklého povrchu. [3]

1.4.2 Adaptabilita organismu na vnější podmínky

Jedna z nejvýznamnějších vlastností termoregulačního systému lidského těla je zjišťování měnících se vnějších a vnitřních tepelných podmínek a schopnost organismu přizpůsobit se na ně. Hlavní funkci zde hraje tepelná bariéra představující řízený tepelný odpor kladený přílišnému přehřátí či ochlazení. K adaptibilitě organismu na měnící se podmínky přispívá také vnější umělá tepelná bariéra, již vytváří člověk svým oblečením.

1.4.2.1 Potní systém

Tvoří důležitý prvek v adaptaci těla v prostředí zvýšené teploty. Potní žlázy jsou součástí kožní vrstvy epidermis a představují součást dynamické tepelné bariéry. Rozložení počtu potních žláz na lidském těle není rovnoměrné. Na některých místech, jako jsou například

dlaně, chodidla a podpaží, je v kožní vrstvě přibližně dvojnásobek potních žláz (okolo $400/\text{cm}^2$). Nerovnoměrnost rozložení množství potních žláz dovoluje měnit intenzitu pocení. [3]

1.5 Textilie zabraňující průniku kapalně vody avšak propouštějící vodní páru

Paropropustné vodoodpudivé textilie lze definovat jako inteligentní textilie, které jsou schopné propouštět vlhkost produkovanou lidským organismem ve formě vodní páry a zároveň zabraňují průchodu vlhkosti z okolního prostředí směrem k pokožce. Odolávají také působení větru, čímž snižují tepelné ztráty konvekci.

Při lehkém zatížení organismu dovolují transport potu v množství $2000 - 2500 \text{ g/m}^2/\text{den}$ a $4000 - 5000 \text{ g/m}^2/\text{den}$ při vysokém fyzickém zatížení.

Základní rozdělení:

1. tkanina s hustou dostavou (až $7000\text{nití}/\text{cm}$)
 - z mikrovláknových PES a PAD přízí
2. povrstvená tkanina:
 - mikroporézní vrstva
- mechanické propichování – mikroperforační technika
- přímé nebo nepřímé (přenosový tisk)
 - koagulační technika
 - hydrofilní povrstvení
3. laminování užitím membrán
 - mikroporézní, hydrofobní membrány
 - neporézní hydrofilní film fungující na principu difúze. Na jedné straně absorbují vlhkost a na druhé straně se vlhkost odpařuje.

[1]

1.5.1 Laminování užitím membrán

Membrána se vyrábí jako samostatná fólie a poté se laminuje na základní materiál. Materiál označovaný jako membrána musí splňovat tyto vlastnosti:

- propustnost pro vodní páry
- odolnost proti působení deště, tlaku vody
- odolnost proti větru
- odolnost proti mechanickému poškození
- odolnost při praní i suchém čištění
- nízká hmotnost

Výhody membrán:

- přizpůsobivost pro nosnou textilií (téměř bez vlivu na vlastnosti jako hmotnost, typ spojení nebo tloušťka)
- lamináty se vyrábí dvou nebo třívrstvé

Nevýhody:

- vyšší cena ve srovnání s vrstvenými textiliemi
- u dvouvrstvých laminátů je nebezpečí poškození membrány, která není chráněna podšívkou
- švy musí být utěsněny
- nevhodné pro elastické materiály

[1]

1.6 Membrána *soft shell windbarrier*

Je materiál s membránou, který spojuje výhody druhé a třetí vrstvy. Je lehký, elastický, vodoodpudivý s vysokou prodyšností, je odolný proti oděru a zabraňuje průniku větru. Materiál nachází uplatnění v různých sportovních aktivitách a v rozličných povětrnostních podmínkách.[5]

1.6.1 Typy membrán

- Soft Shell Windbarrier

Je lehký a elastický materiál s membránou, který spojuje výhody druhé a třetí vrstvy. Je vodoodpudivý s vysokou prodyšností, odolný proti oděru a zabraňuje průniku větru. Materiál nachází uplatnění v různých sportovních aktivitách a v rozličných povětrnostních podmínkách. Prodyšnost materiálu (breathability) činí 5 000 g/m²/24 h a nepromokavost až 8000 mm vodního sloupce (water column). [6]

- Soft Shell

Lehký a elastický materiál, který je mimořádně hustě tkaný. Je vodoodpudivý s vysokou prodyšností, odolný proti oděru a zabraňuje průniku větru. Materiál spojuje výhodu druhé a třetí vrstvy a najde uplatnění v různých sportovních aktivitách. [6]

1.7 Popis měřících přístrojů

Vzorky materiálů byly měřeny na přístroji PERMETEST a Klasickou gravimetrickou metodou.

1.7.1 Přístroj PERMETEST

Přístroj PERMETEST umožňuje rychlé a nedestrukční měření paropropustnosti a tepelného odporu oděvů. Díky svým malým rozměrům a nízké hmotnosti je lehce přenosný. Tento přístroj v roce 1990 patentoval profesor Luboš Hes z Textilní fakulty Technické univerzity v Liberci. Schéma přístroje je znázorněno na obr. 1. [2]

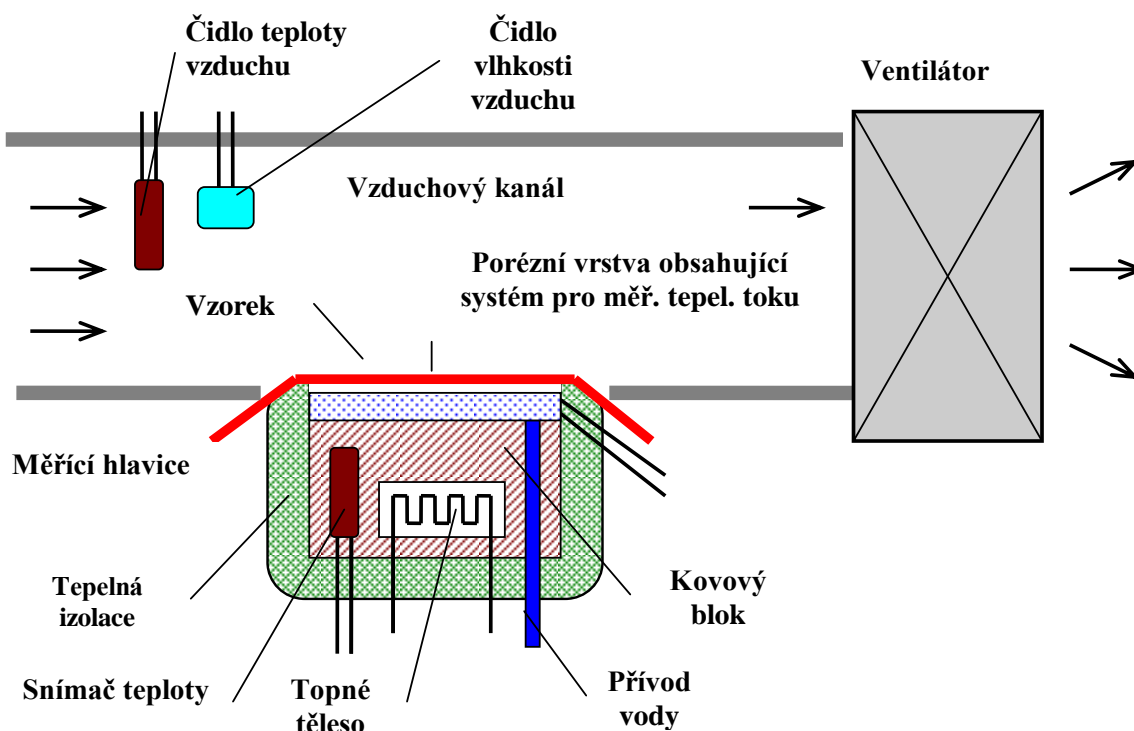
Měření pomocí přístroje PERMETEST je založeno na přímém měření tepelného toku q procházejícího povrchem tepelného modelu lidské pokožky. Funkce ochlazování pocením, která je důležitým parametrem lidské pokožky, je simulována pomocí zavlhčované porézní desky.

Na tento model je přes separační folii přiložen měřený vzorek. Vnější strana vzorku je ofukována o rychlosti vzduchu 1 m.s⁻¹. Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavice udržována na teplotě okolního vzduchu, zpravidla o teplotě 20 – 30 °C. Tím jsou zajištěny izotermické podmínky měření. Během měření se kapalná vlhkost v porézní vrstvě mění na páru, která přes separační folii prochází vzorkem.

Hodnota tepelného toku q je přímo úměrná paropropustnosti textilie nebo nepřímo úměrná

Vliv orientace některých polopropustných textilií na jejich paropropustnost měřenou na přístroji typu Skin model 19

jejímu výparnému odporu. Vždy se však nejdříve měří tepelný tok bez vzorku a poté se vzorkem, čemuž odpovídají tepelné toky q_0 a q_v . Výhodou je krátká doba měření a také možnost provádět měření v běžných klimatických podmínkách. [1]



Obrázek 1 - Schéma přístroje PERMETEST[1]

1.7.2 Klasická metoda

Princip klasické metody spočívá v tom, že vodní páry procházejí za přesně stanovených podmínek plošnou textilií a jsou absorbovány vysoušedlem. Následně se zjišťuje jeho hmotnostní přírůstek. Současně se zjistí absorpce vodních par ve srovnávací misce bez textilie.

Měření se provádí v klimatizované místnosti s teplotou vzduchu $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vlhkostí vzduchu $\varphi = 65\text{ }\%$. Pro měření klasickou gravimetrickou metodou jsou potřebná následující zařízení a pomůcky: klimatizační skříň zaručující dodržení teploty s odchylkou minimálně $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, relativní vlhkost $\pm 2\text{ }\%$ a maximální rychlost proudění vzduchu $0,2\text{ m/s}$, hliníkové zkušební misky kruhového tvaru se zkušební plochou 30 cm^2 , vysoušedlo silikagel T dle ON 65 4655, analytické váhy s přesností 10^{-4} g .

Postup zkoušky

Zkušební misky se silikagelem se vysouší s odklopenými víčky 4 h při 140 °C v sušárně. Po vysušení se zkušební misky uzavřou víčky a vloží do klimatizační komory na dobu potřebnou k vyrovnaní teploty na teplotu zkušebního ovzduší ($\varphi = 12\%$, $t = 20\text{ °C}$). Po vyjmutí se ihned zváží s přesností 10^{-4} g. Do polovičního počtu misek se vloží klimatizované vzorky zkoušených textilií, které se upnou maticí nad vrstvou silikagelu. Takto připravené misky se ihned uzavřou víčky a zváží. Bezprostředně po zvážení se vloží do klimatizační skříně s odklopenými víčky ($t = 20\text{ °C}$, $\varphi = 65\%$, $T = 3\text{ hod}$). Po ukončení expozice se zkušební misky těsně uzavřou víčky a po vyrovnaní teploty s teplotou prostředí se zváží.



Obrázek 2: Zkušební misky se silikagelem a vzorky materiálu

2 Experimentální část

Experimentální část této bakalářské práce spočívá v měření výparného odporu a paropropustnosti na výše uvedených přístrojích a vyhodnocování naměřených údajů. Číselné údaje jsou zaznamenány v tabulkách a grafech.

2.1 Popis vzorků materiálu

Měřeno bylo 8 vzorků různých textilií laminovaných membránou soft shell windbarrier.

Soft Shell windbarrier S3W-1030 membrane 1 5000/15000 47%PES 35%Nylon 12% PU 6%Spandex + 100%PES

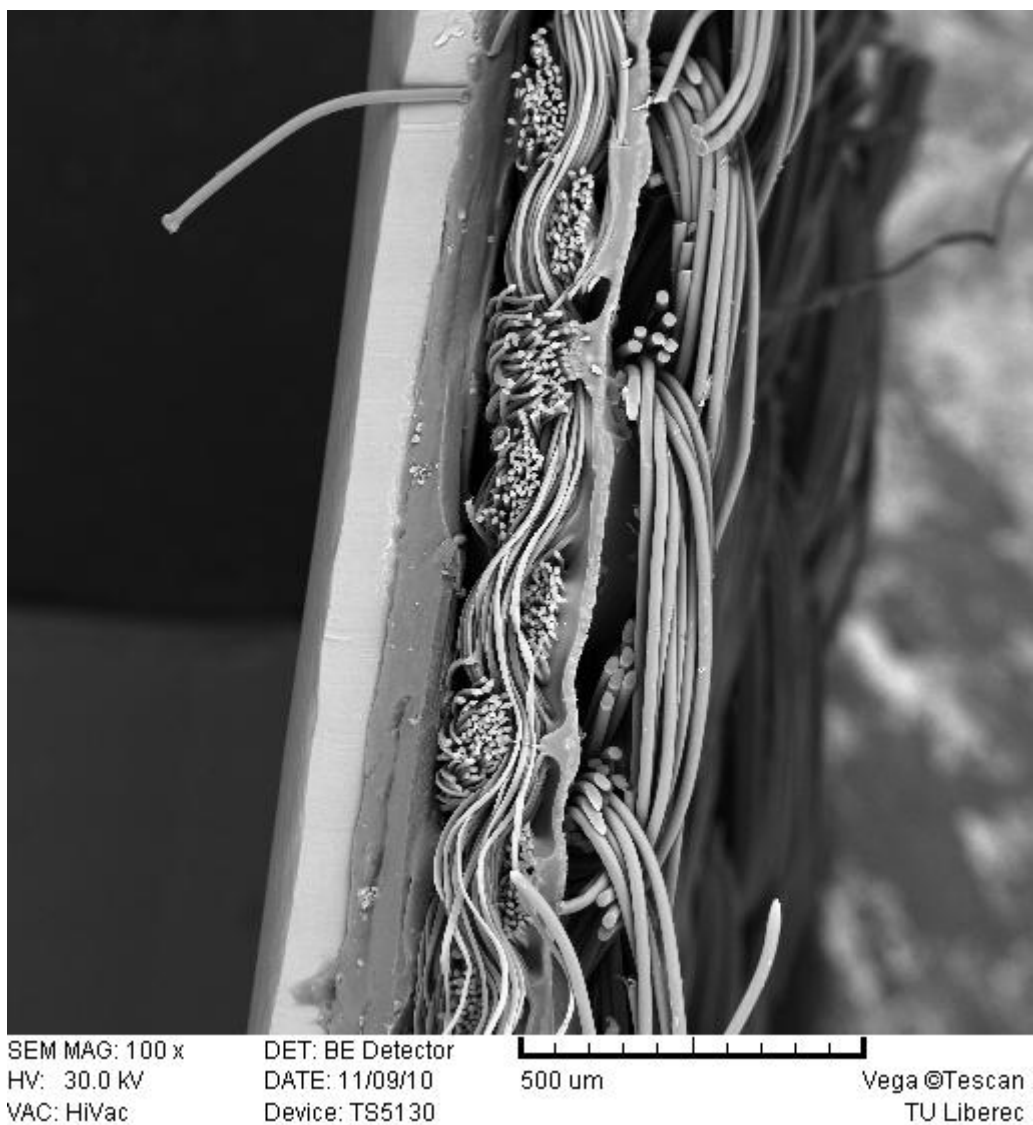
Tabulka 1: Plošná hmotnost zkoušených textilií

Vzorek	1	2	3	4	5	6	7	8
Plošná hmotnost [g/m ²]	197,25	514,12	448,81	280,3	280,02	224,27	222,92	227,87

2.1.1 Popis vzorků - řez

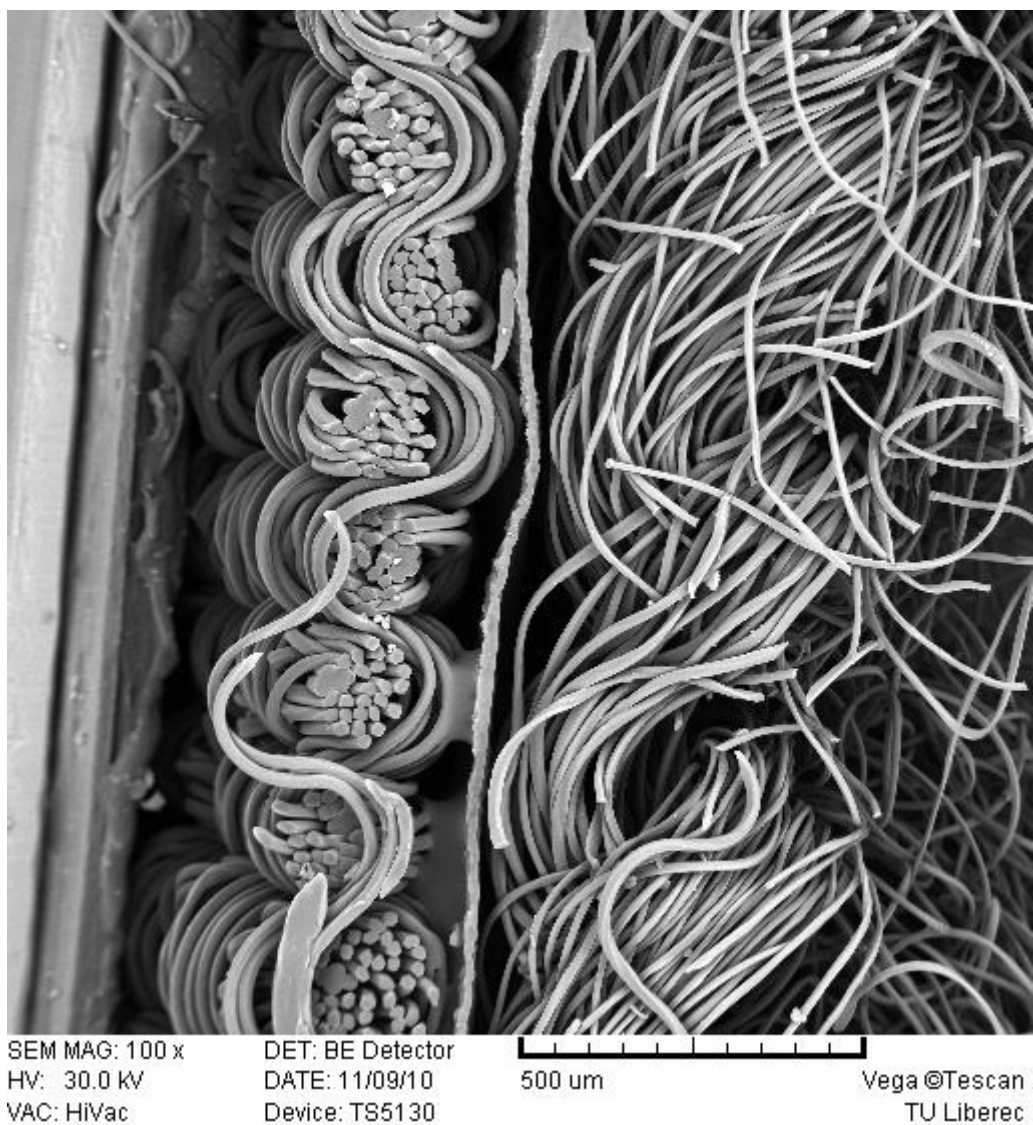
Na obrázcích řezu tkaninami je dobře znatelná jejich tloušťka, způsob připojení polopropustné membrány, hustota provázání a vzduchové mezery ve struktuře vzorků.

Tloušťka byla měřena na tloušťkoměru na katedře KOD. Z každého druhu materiálu bylo změřeno 5 vzorků a výsledná hodnota je průměrná. Síla přtlaku byla nastavena na 1000 Pa při ploše zkušebního vzorku 20 cm². Následují obrázky získané pomocí elektronového mikroskopu na katedře KTM.



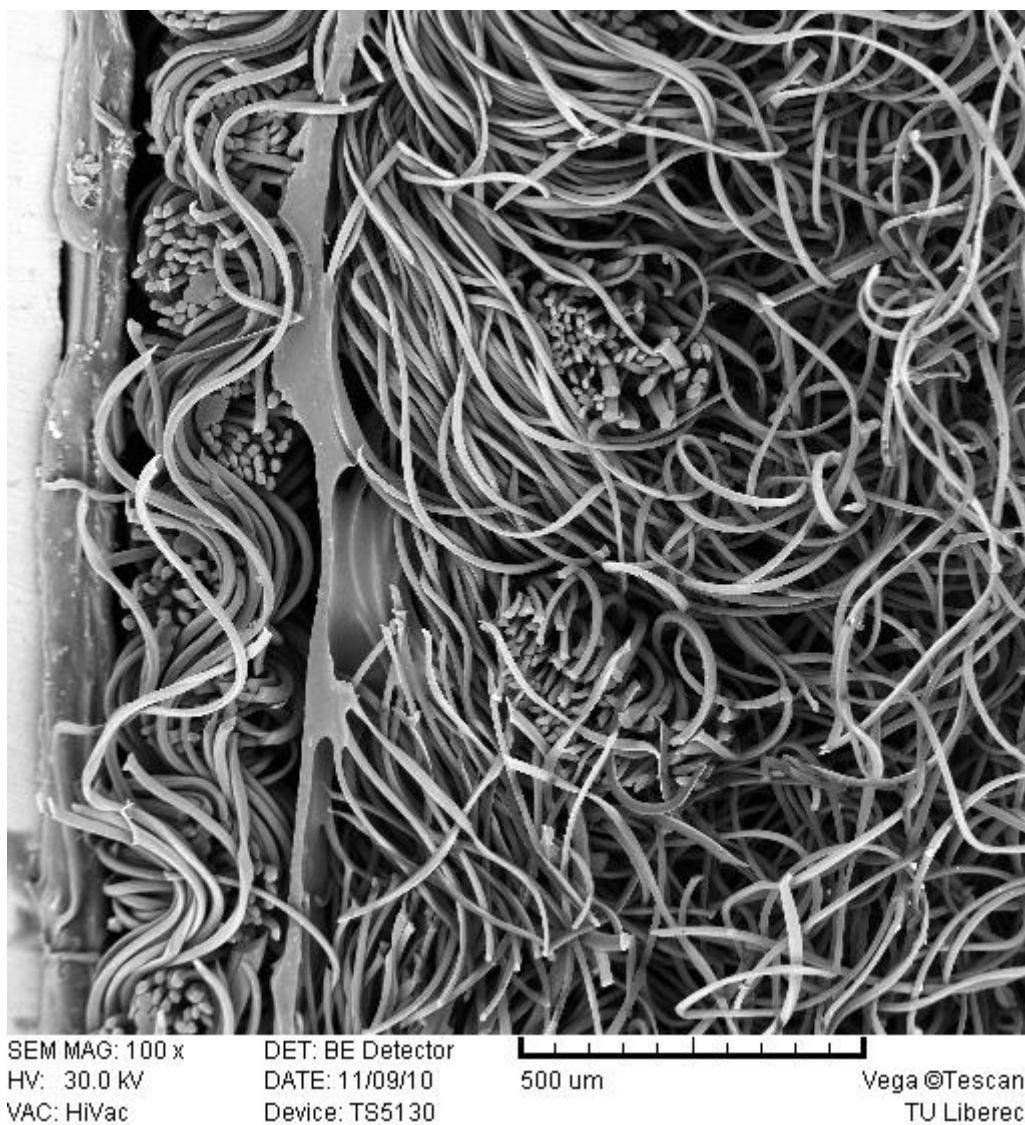
Obrázek 3: vzorek č. 1

Na obrázku číslo 3 je jasně znatelná téměř souvislá vrstva lepidla, která spojuje membránu s lící vrstvou vzorku. S osnovní pleteninou, která tvoří rubní stranu vzorku je membrána spojena bodově. Díky této pletenině se vzorek řadí mezi třívrstvé lamináty. Tloušťka vzorku č. 1 je 0,32 mm.



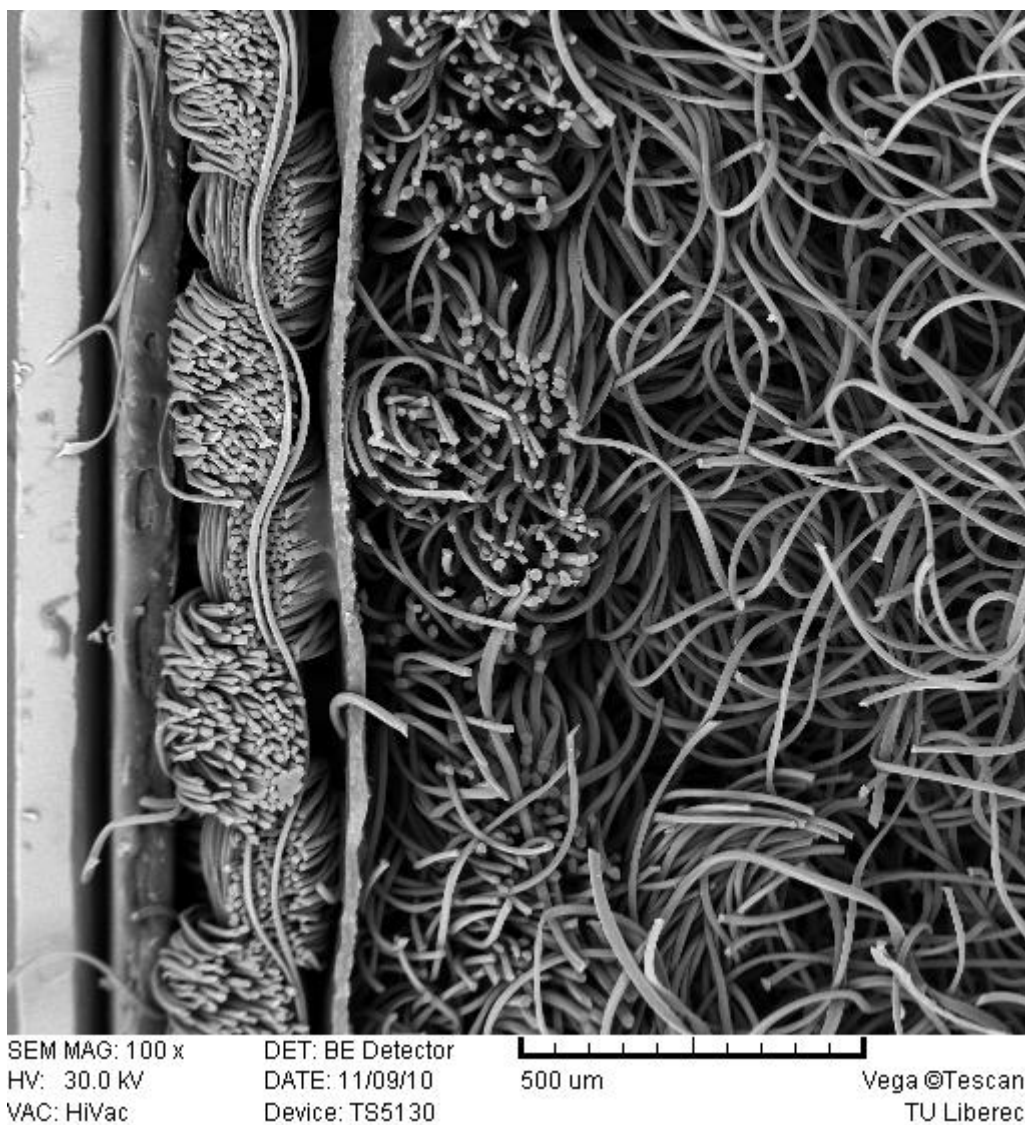
Obrázek 4: vzorek č. 2

Pohled z řezu u vzorku č. 2 odhalil použití elastanových vláken v přízi. Tím byla dosažena jednak vyšší pružnost a také větší objemnost přízi. Obrázek č. 4 také odhaluje, že membrána je spojena s tkaninou bodově. Z rubní strany je vzorek tvořen pleteninou s rozřezanými plyšovými kličkami, je to proto také třívrstvý laminát. Tloušťka tohoto vzorku je 1,65 mm.



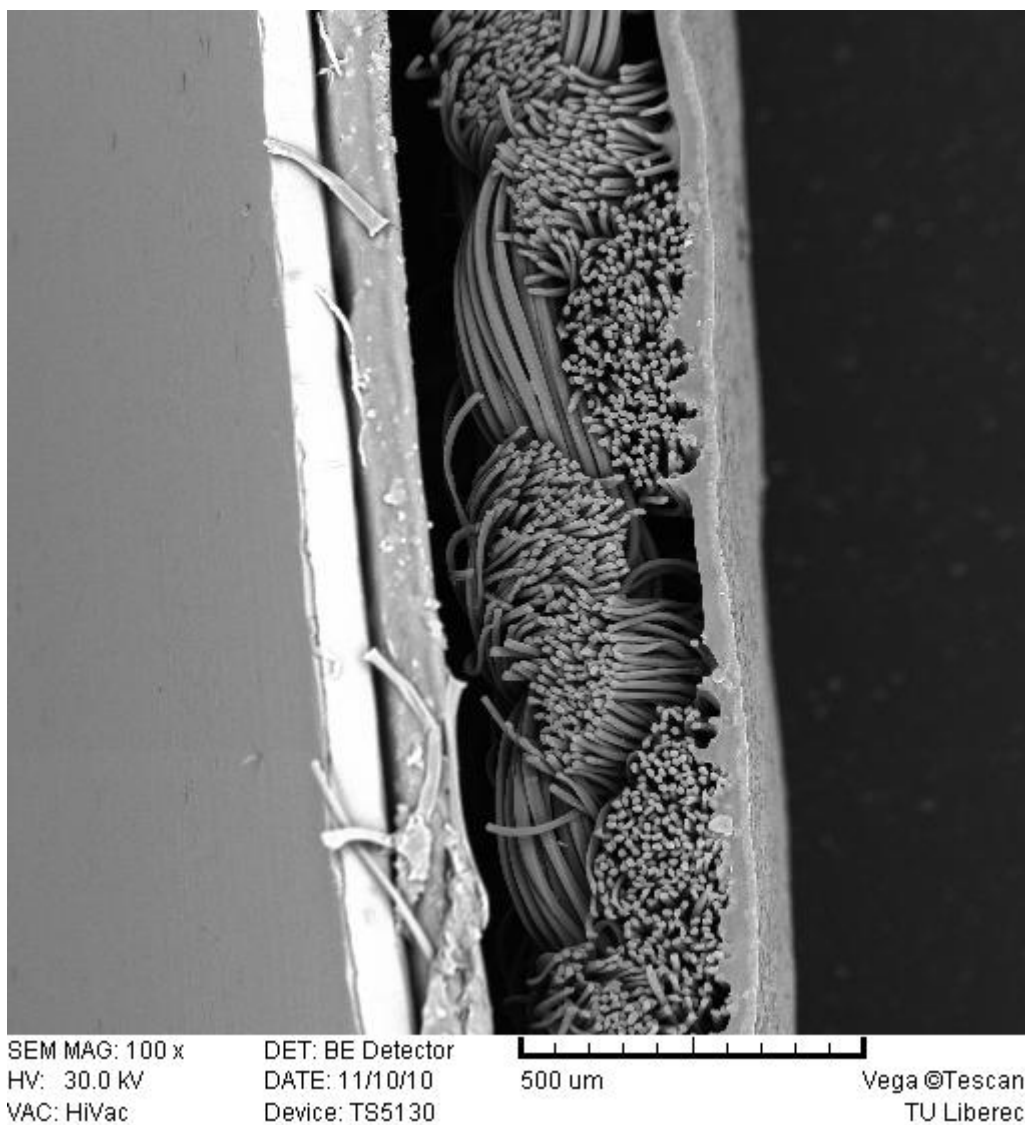
Obrázek 5: vzorek č. 3

Stejně jako u vzorku č. 2, bylo u vzorku č. 3 použito elasthanových vláken pro dosažení větší objemnosti příze. Rubní strana vzorku je tvořena pleteninou s rozřezanými plyšovými kličkami. Obrázek č. 5 rovněž naznačuje bodové nanesení lepidla na membránu. Tloušťka toto vzorku je 1,50 mm.



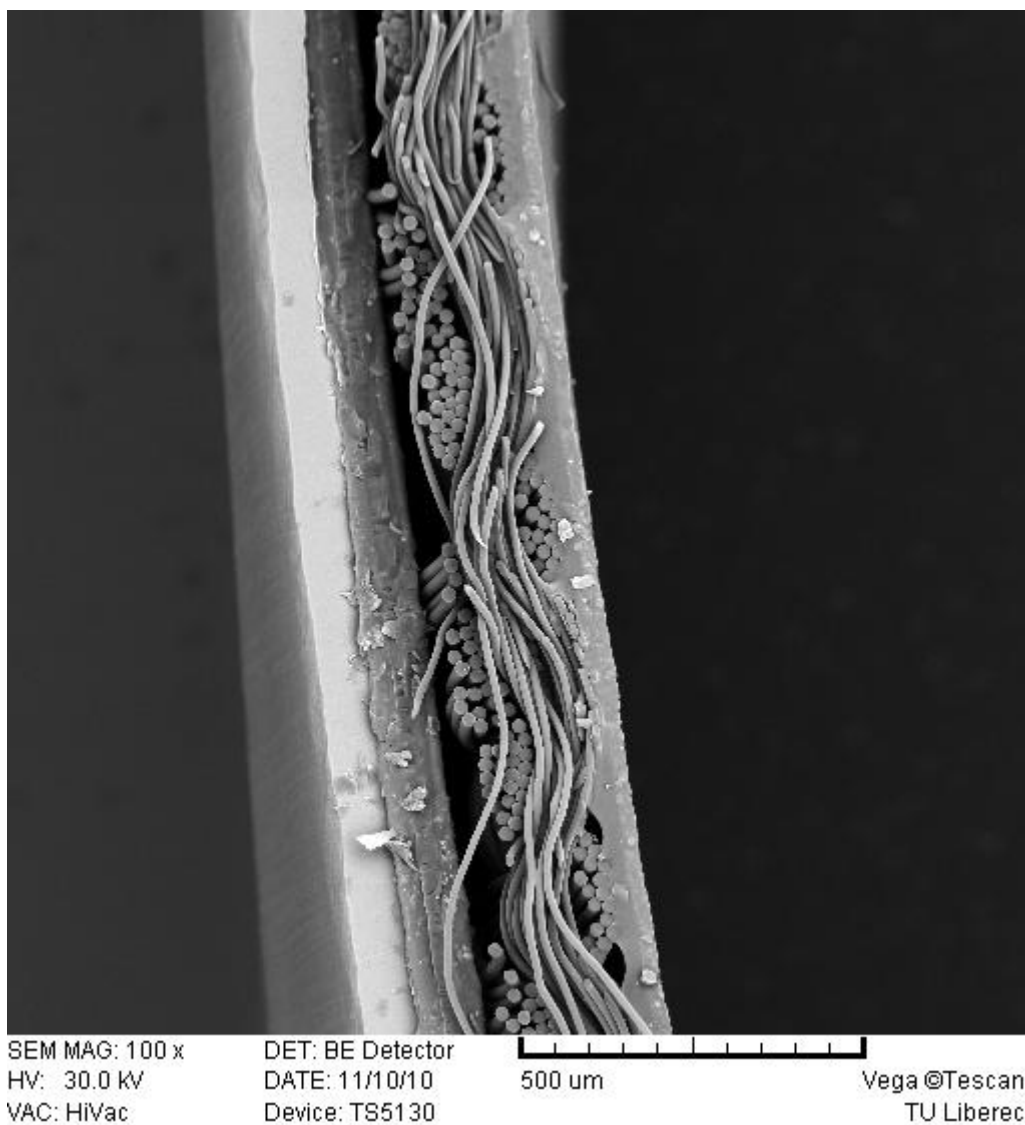
Obrázek 6: vzorek č. 4

Na obrázku č. 6 je znázorněn vzorek č. 4. Tento vzorek měl ze všech největší tloušťku, 1,74 mm, díky husté flanelové tkanině na rubní straně. Membrána je připevněna bodově. A i tento vzorek se řadí mezi třívrstvé lamináty.



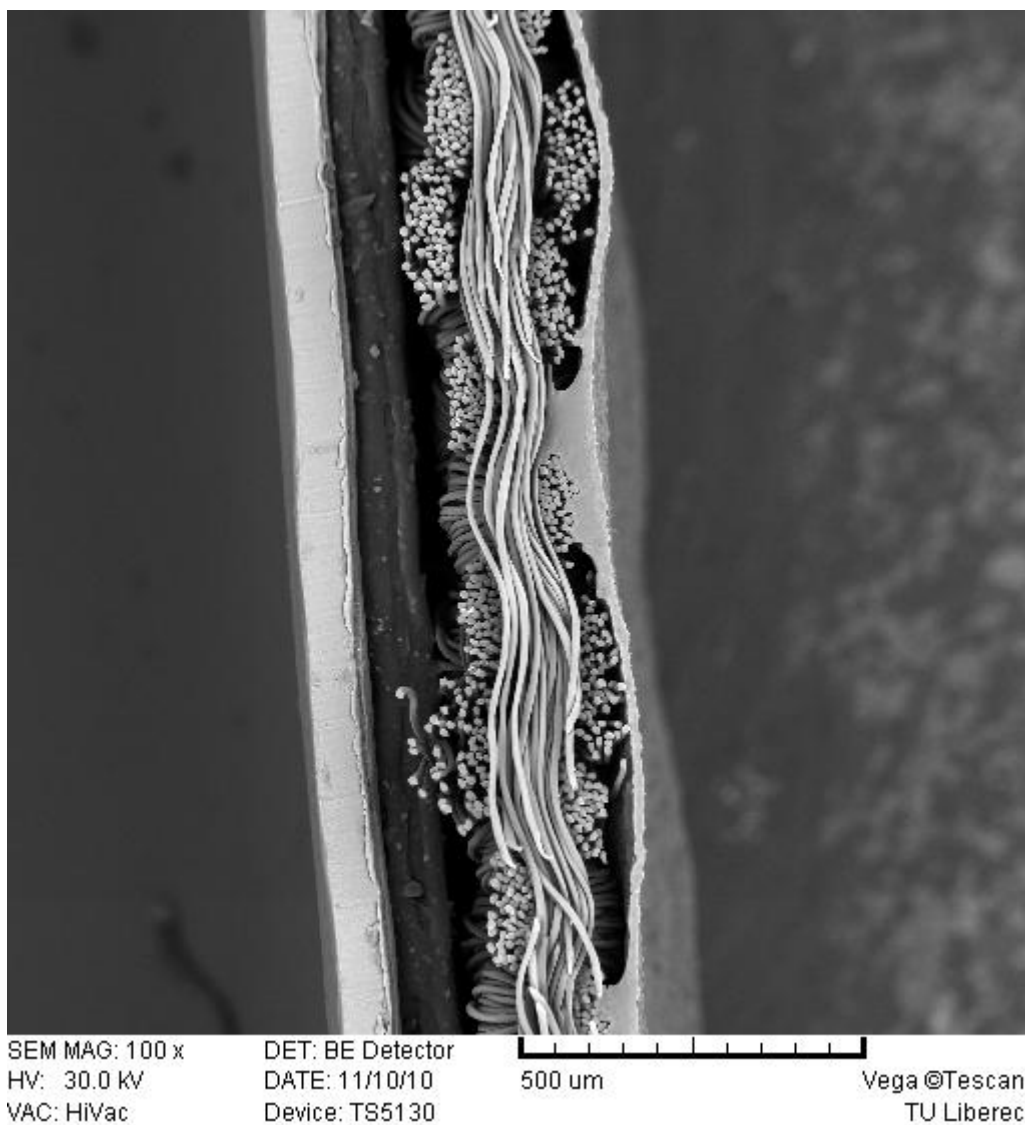
Obrázek 7: vzorek č. 5

Na rozdíl od předcházejících vzorků nemá vzorek č. 5 nijak zakrytou membránu, proto se jedná o dvouvrstvý laminát. Membrána je s tkaninou spojena souvislou vrstvou lepidla. Tloušťka vzorku je 0,40 mm.



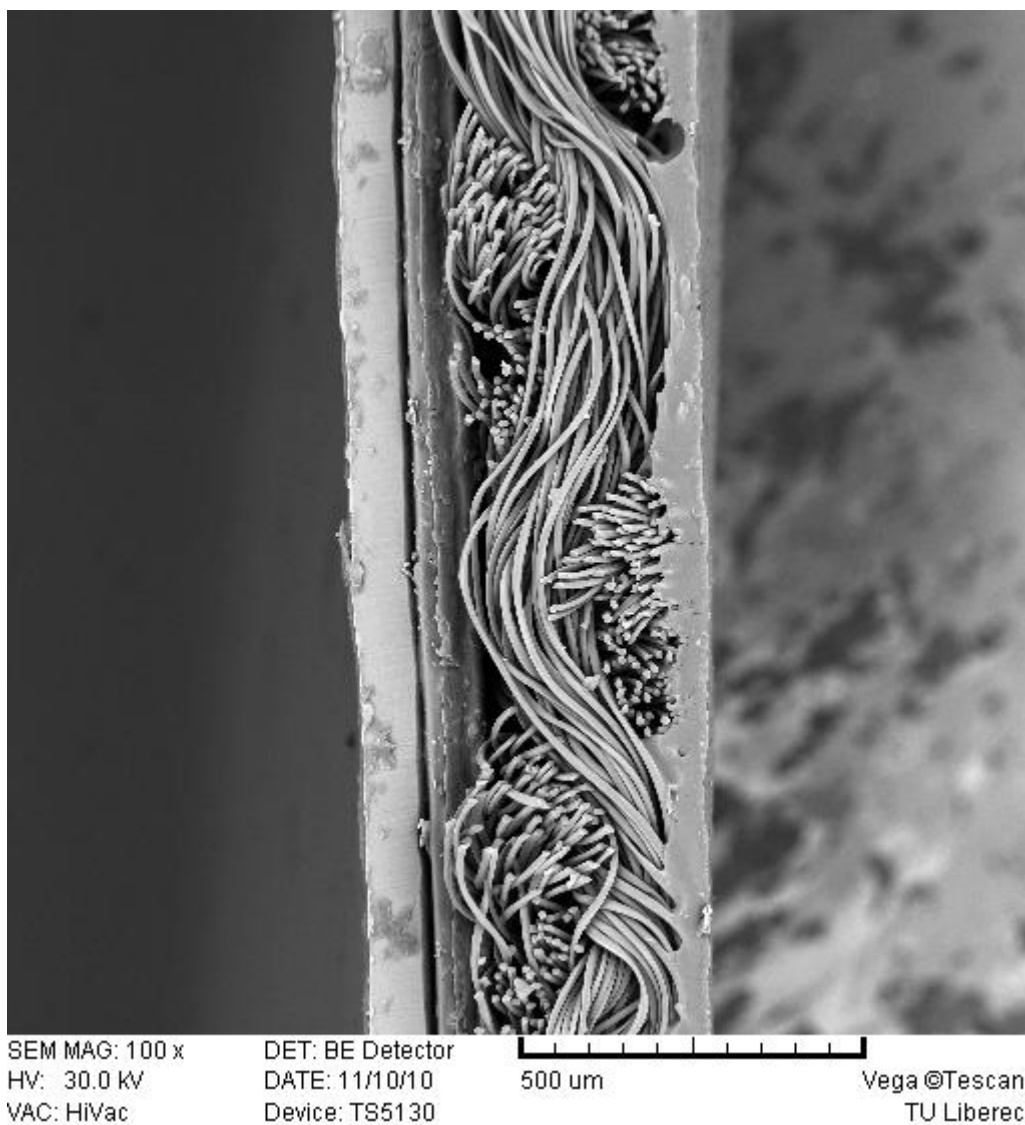
Obrázek 8: vzorek č. 6

Na vzorku č. 6 je rovněž patrná souvislá vrstva lepidla, která však v tomto případě proniká mnohem více mezi jednotlivá vlákna. Tloušťka vzorku číslo 6 je 0,22 mm a je to nejtenčí zkoumaný materiál. Protože už k membráně není připevněna žádná další tkanina nebo pletenina, jedná se také o dvouvrstvý laminát.



Obrázek 9: vzorek č. 7

Vzorek č. 7 také nemá žádnou úpravu rubní strany membrány, proto se také řadí mezi dvouvrstvé lamináty. Jeho tloušťka je 0,26 mm. Membrána je s lící tkaninou spojena bodovým nanesením lepidla.



Obrázek 10: vzorek č. 8

Vzorek č. 8 je opět spojen s membránou souvislou vrstvou lepidla, které proniká i mezi jednotlivá vlákna. Tloušťka tohoto vzorku je 0,30 mm. Jedná se o dvouvrstvý laminát.

2.2 Měření vlastností vzorků

Vzorky byly měřeny na přístroji PERMETEST a Klasickou gravimetrickou metodou. Při měření Gravimetrickou metodou byly použity analytické váhy s přesností 10^{-4} g, klimatizační skříň, klimatizační komora a hliníkové eloxované zkušební misky s víčky. Na přístrojích se zjišťovala paropropustnost a výparný odpor.

2.2.1 Měření vzorků na přístroji PERMETEST

Měření probíhalo v laboratoři KHT za těchto podmínek:

teplota 26 °C

vlhkost 30%

Z důvodu malých rozměrů vzorků materiálů bylo měření nejprve provedeno na přístroji PERMETEST, pro jehož použití není třeba vzorky předem upravovat a je tak vhodný i pro měření celých výrobků. Pro měření Klasickou gravimetrickou metodou bylo nutné z každého materiálu vystříhat další dílčí vzorky. Jedná se tedy o metodu destruktivní.

Měření vzorků na přístroji PERMETEST bylo prováděno na Katedře hodnocení textilií Technické univerzity v Liberci. Měření gravimetrickou metodou bylo prováděno na Katedře oděvnictví Technické univerzity v Liberci.

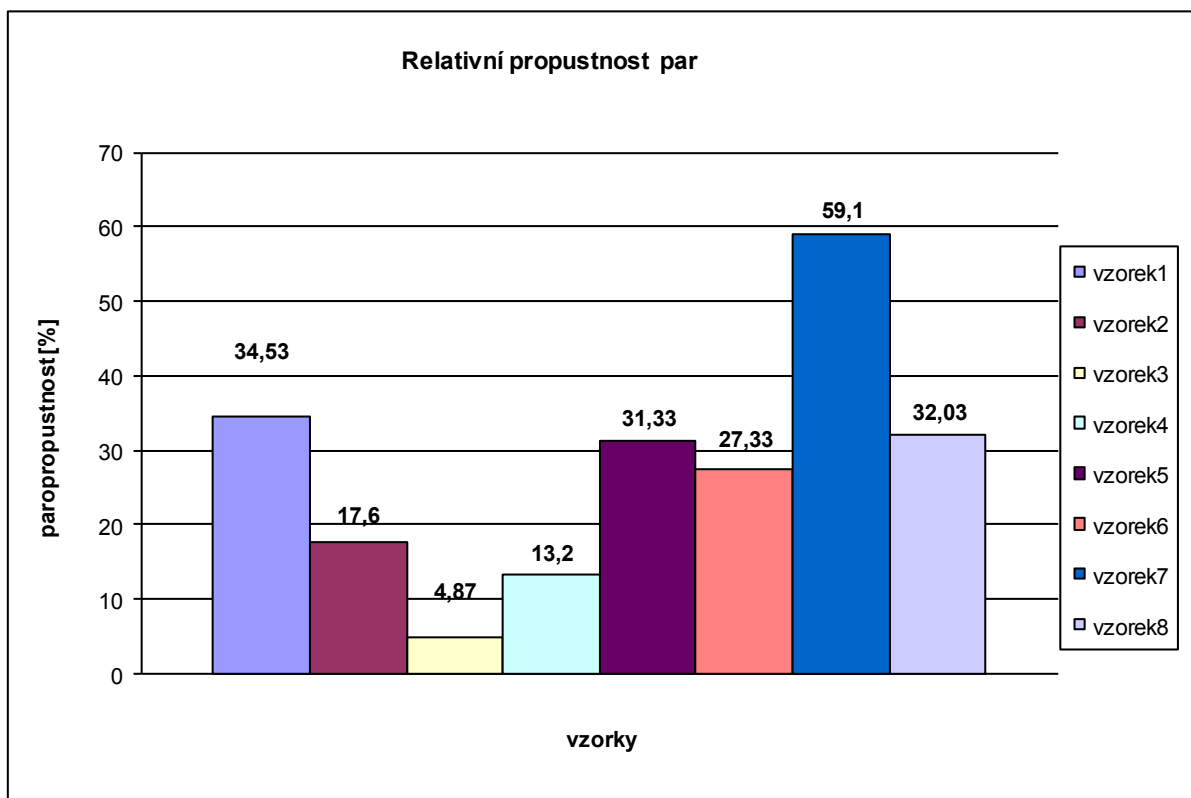
Vzorek se vkládá do přístroje bez jakýchkoli přehybů a nečistot. Každý vzorek byl měřen z rubní i lící strany. Poté byl každý vzorek, pro případné vyloučení vlivu tepla odebíraného či vznikajícího v polopropustné vrstvě, měřen s vloženou mezivrstvou, nacházející se mezi testovanou textilií a měřicí hlavici.

2.2.1.1 Statistika

Každý z 8 vzorků byl měřen 3x z obou stran. Průměrné hodnoty výparného odporu jsou zaznamenány v tabulce č. 2. V tabulce je také uveden variační koeficient CV.

Tabulka 2: Propustnost vodních par z lící strany

Vzorek líc	1	2	3	4	5	6	7	8
Propustnost par [%]	34,53	17,6	4,87	13,2	31,33	27,33	59,1	32,03
CV	4,78	2,45	0,54	1,08	6,30	12,07	1,90	11,24



Obrázek 11: Relativní propustnost vodních par

Na obrázku č. 11 jsou znázorněny hodnoty relativní propustnosti pro vodní páry. Lze z něho vyčíst, že největší propustnost pro vodní páry má vzorek č. 7 59,1% a nejmenší vzorek č. 4, jehož hodnota $P = 4,87\%$. Čím je hodnota paropropustnosti vyšší, tím je hodnota výparného odporu R_{et} nižší. V tabulce č. 3 jsou uvedeny hodnoty propustnosti měřené na vzorcích položených rubní stranou nahoru. Jak je patrné z tabulky, hodnoty výparného odporu se liší.

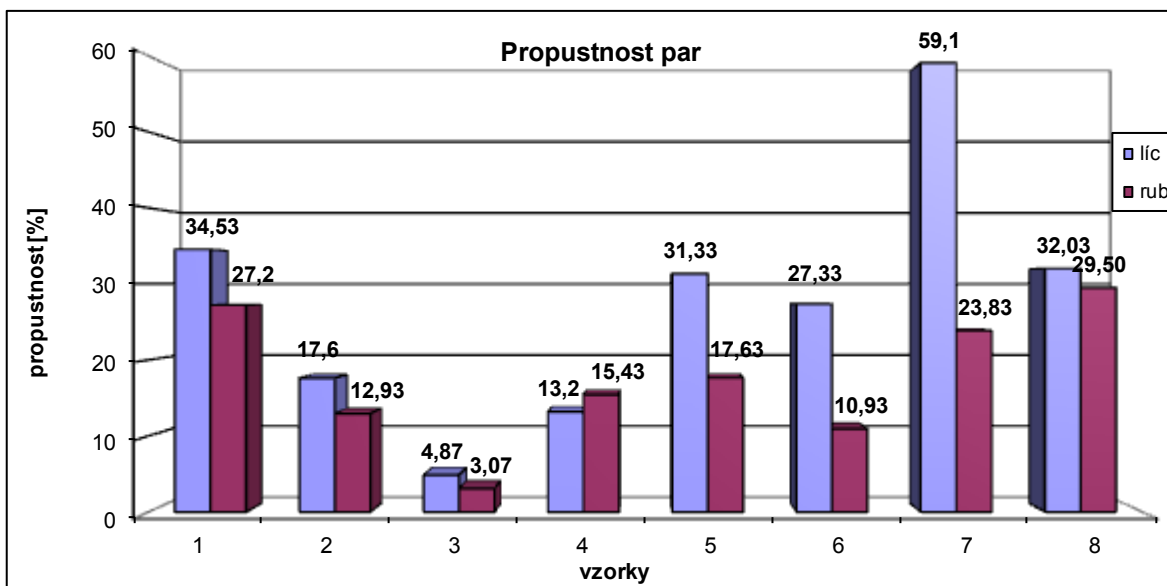
Tabulka 3: Propustnost vodních par z rubní strany

Vzorek rub	1	2	3	4	5	6	7	8
Propustnost par [%]	27,2	12,93	3,07	15,43	17,63	10,93	23,83	29,50
CV	7,13	0,92	1,91	0,95	0,51	0,81	12,82	4,94

2.2.2 Vliv orientace vzorku na paropropustnost

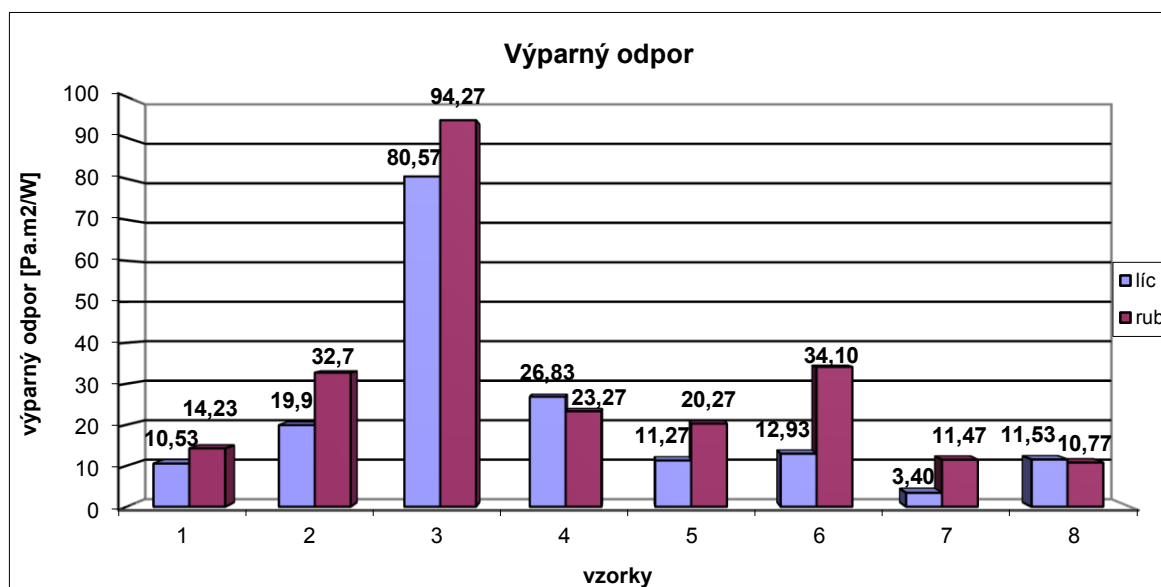
Z následujícího grafu je patrné, jak se liší hodnoty paropropustnosti v závislosti na orientaci vzorku vzhledem k měřicí hlavici přístroje PERMETEST. Vyšší paropropustnost vykazují vzorky měřené lícem nahoru (rubem k měřicí hlavici), což je plánovaná orientace

vzorku vůči pokožce. Jedinou výjimkou byl vzorek č. 4, kde byla zjištěna hodnota paropropustnosti z líce menší, než hodnota paropropustnosti měřená z rubu. Největší rozdíl hodnot paropropustnosti byl zjištěn u vzorku č. 7, kde rozdíl dosáhl 35,27%. Dále u zkoumaných textilií č. 6 a č. 5, kde rozdíl u vzorku č. 5 činil 13,7% a u vzorku 6 byl 16,4%. U těchto vzorků byly zároveň naměřeny i nejvýraznější rozdíly hodnot výparného odporu, jak je patrné z obrázku č. 12.



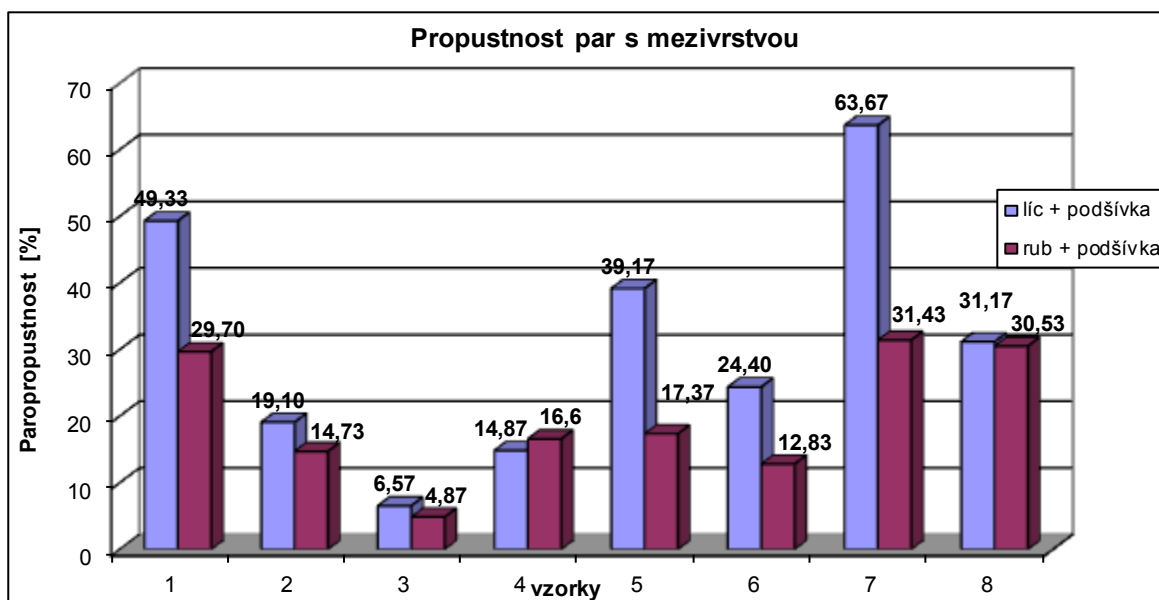
Obrázek 12: Propustnost par líc x rub

Následuje porovnání hodnot výparného odporu. Také naměřené hodnoty výparného odporu se mění podle orientace vzorků.

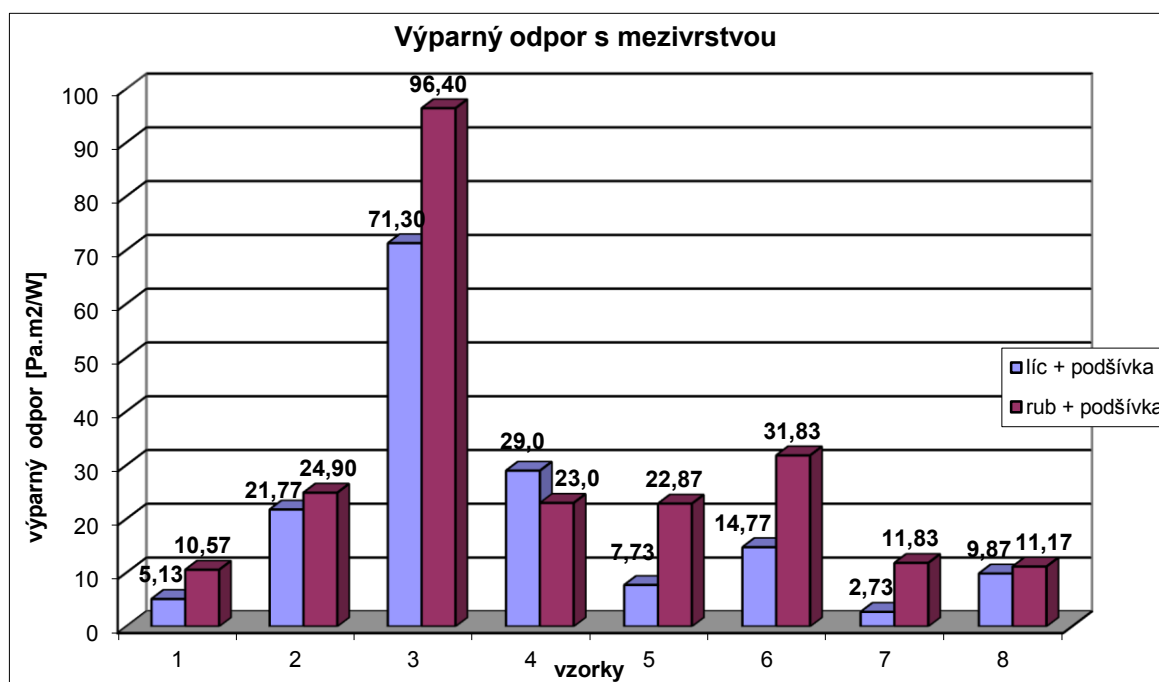


Obrázek 13: Výparný odpor Ret

Pro vyloučení případného vlivu tepla odebíraného či vznikajícího v polopropustné vrstvě bylo měření zopakováno s přidáním porézní mezivrstvy (podšívky). Tato mezivrstva se nacházela mezi testovanými textiliemi a přístrojem PERMETEST. Podšívka měla hodnoty rubních a lícních stran přibližit, to je nejvíce patrné u vzorku č. 8, kde se hodnoty paropropustnosti lišily pouze o 0,58 % a výparný odpor o 1,3 Pa.m²/W. V následujících obrázcích jsou uvedeny změřené hodnoty.



Obrázek 14: Propustnost par s podšívkou



Obrázek 15: Výparný odpor s podšívkou

Je zajímavé, jak se u vzorků se po přidání mezivrstvy podšívky změnila paropropustnost a jak se změnily rozdíly paropropustnosti v závislosti na orientaci vzorků. Účelem přidání mezivrstvy podšívky bylo, aby se tyto rozdíly snížily. Vzhledem k tomu, že se všechny vzorky navzájem lišily, u každého se rozdíl změnil jinak. Zmenšení rozdílů se podařilo u vzorků č. 2, 3, 4, 6, 7 a 8. U vzorku č. 1 a č. 5 se rozdíl hodnot líce a rubu naopak zvětšil. Například u vzorku č. 1 se rozdíl paropropustnosti rubu a líce zvětšil více jak dvojnásobně. Hodnota paropropustnosti měřená rubem nahoru zůstala téměř stejná, z 27,2 % vzrostla na 29,70 %, jak vyplývá z obrázků č. 12 a 14. Naopak hodnota paropropustnosti měřená lícem nahoru vzrostla z 34,53 % na 49,33 %. Největší snížení rozdílů hodnot paropropustnosti líce a rubu bylo zaznamenáno u vzorku číslo 6, kde rozdíl před přidáním podšívky činil 16,4 % ($P_{\text{lic}} = 27,33 \%$, $P_{\text{rub}} = 10,93 \%$) a po přidání podšívky se snížil na 11,57 % ($P_{\text{lic}} = 24,4 \%$, $P_{\text{rub}} = 12,83 \%$).

2.2.3 Měření vzorků klasickou metodou

Měření probíhalo v laboratoři KOD za těchto podmínek:

teplota 20 °C

vlhkost 65 %

Z každého druhu materiálu bylo odebráno 5 zkušebních vzorků. Hodnoty paropropustnosti byly vypočítány z váhových rozdílů silikagelu ve zkušebních miskách.(5)

$$P = \frac{m_v}{m_s} \cdot 100 [\%] \quad (5)$$

m_v ... hmotnostní přírůstek vysoušedla s textilií [g]

m_s ... hmotnostní přírůstek vysoušedla bez textilie [g]

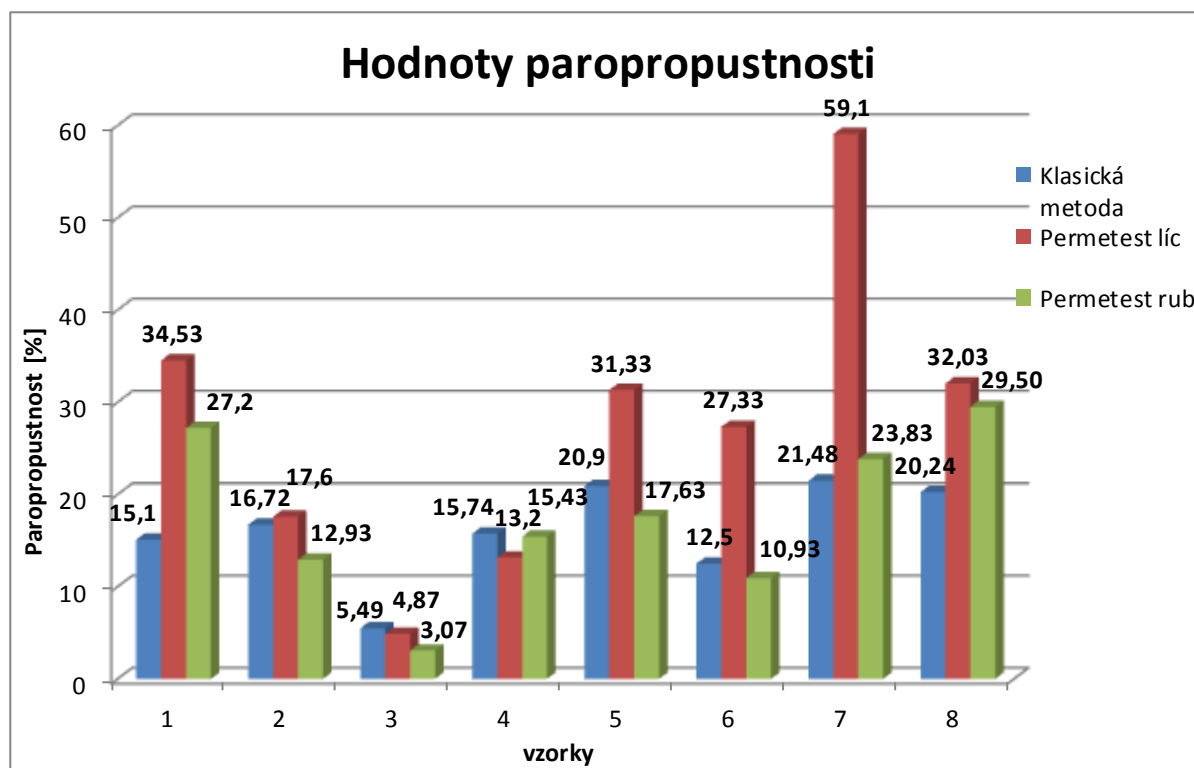
Tabulka 4: Propustnost textilií pro vodní páru

vzorek	1	2	3	4	5	6	7	8
P [%]	15,1	16,72	5,49	15,74	20,9	12,5	21,48	20,24

V tabulce číslo 4 jsou uvedeny hodnoty propustnosti pro vodní páru zjištěné klasickou metodou. Jako vzorek s nejnižší paropropustností byl označen materiál č. 3 s paropropustností pouhých 5,49 %. Naopak největší propustnost byla prokázána u materiálu č. 7 a to 21,48 %.

2.3 Porovnání výsledků měření na přístroji PERMETEST s klasickou gravimetrickou metodou

Jedním z cílů této práce bylo i porovnat výsledky měření na přístroji PERMETEST s výsledky získanými pomocí Klasické gravimetrické metody.



Obrázek 16: Srovnání výsledků měření paropropustnosti

Na obrázku č. 16 jsou znázorněny hodnoty paropropustnosti naměřené různými způsoby. Modré sloupce představují hodnoty propustnosti textilií pro vodní páry, zjištěné pomocí klasické gravimetrické metody. Hnědá a zelená barva znázorňuje hodnoty naměřené na přístroji Permetest. Hodnoty naměřené u vzorků pokládaných na měřící hlavici přístroje Permetest lícem nahoru (rubem na měřící hlavici) jsou na obrázku označené hnědou barvou. Vzorky pokládané na měřící hlavici rubem nahoru (lícem na měřící hlavici) jsou označeny zeleně.

Měření Klasickou metodou probíhalo stejným způsobem jako měření Permetest – líc. To znamená, že vlhkost ve formě páry prostupovala textilními vzorky směrem z rubní strany do prostředí za lící stranou textilie, v tomto případě byl pro prostup vlhkosti hnací silou silikagel na dně zkušebních misek. Na obrázku č. 16 lze pozorovat, jak se výsledky měření Klasickou metodou blíží spíše k hodnotám Permetest rub, ač by teoreticky měly odpovídat spíše hodnotám Permetest líc. Bohužel nejsou ke srovnání výsledky Klasické metody při

druhé orientaci vzorků, neboť z důvodu časové náročnosti a vytíženosti laboratoře nebylo možno tato měření provést.

Nejmenší rozdíl mají hodnoty u zkoumaného vzorku č. 4, kde se výsledek získaný klasickou metodou liší od Permetestu rub jen o 0,31%. Dále pak u vzorku číslo 3, kde se výsledek získaný klasickou metodou liší od Permetestu líc o 0,62%. Nejvíce se naopak vymyká měření Klasickou metodou u vzorku č. 1, kde se rozdíl pohybuje od 12,1% u Permetest rub, až do 29,43% u Permetest líc.

2.4 Porovnání vlivu struktury, složení a orientace na výparný odpor

Všechny zkoumané materiály byly již v procesu výroby opatřeny polopropustnou membránou typu shoft-shell, přesto jsou hodnoty jejich výparného odporu značně rozdílné. Jednotlivé vzorky se od sebe liší tloušťkou, povrchovou úpravou, vazbou a dostavou. A to vše má vliv na jejich výsledné vlastnosti.

2.4.1 Porovnání vlivu orientace na výparný odpor

Vzorky byly k měřicí hlavici přístroje PERMETEST přikládány v obou orientacích – lícni i rubní stranou. Následně byly zjišťovány odchylky od obou měření.

Pro snadnější vyhodnocení je zde uvedena klasifikace propustnosti textilií pro vodní páry dle stávající normy ISO. Čím je hodnota R_{et} [Pa.m²/W] nižší, tím je propustnost pro vodní páry vyšší.

$R_{et} < 6$	– velmi dobrá
$R_{et} 6 - 13$	– dobrá
$R_{et} 13 - 20$	– uspokojivá
$R_{et} > 20$	– neuspokojivá[1]

Tabulka 5: Výparný odpor (líc)

Vzorek líc	1	2	3	4	5	6	7	8
R_{et} [Pa.m ² /W]	10,53	19,9	80,57	26,83	11,27	12,93	3,40	11,53
CV	3,24	0,14	208,15	10,72	4,33	2,43	0,17	7,48

Tabulka 6: Výparný odpor (rub)

Vzorek rub	1	2	3	4	5	6	7	8
R_{et} [Pa.m ² /W]	14,23	32,7	94,27	23,27	20,27	34,10	11,47	10,77
CV	9,47	2,81	81,48	6,34	2,14	19,44	6,00	4,60

Většina vzorků vykazuje z rubu (lícem k měřicí hlavici přístroje PERMETEST) vyšší hodnoty výparného odporu. Je to tedy jev žádoucí, vlhkost se má snáze dostat z rubu

textilie na lící stranu, než opačně směrem k pokožce. Pouze u vzorků č. 4 a č. 8 byly hodnoty výparného odporu z rubu menší než hodnoty z líce (rubní stranou k měřící hlavici). U vzorku č. 8 však rozdíl činí pouhých $0,76 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ může jít tedy o chybu vzniklou průměrováním hodnot.

Jako nejlepší byl vyhodnocen vzorek číslo 7, který vykazuje nejnižší hodnotu R_{et} z lící strany $R_{\text{et}} = 3,40 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. Vzorek číslo 7 rovněž vykazuje nejmenší hodnotu výparného odporu z rubní strany a to $11,47 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$, která však tento vzorek zařazuje do skupiny „dobrá“ s rozmezím hodnot $R_{\text{et}} 6 - 13 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. Nejvyšší hodnoty R_{et} byly zjištěny u vzorku č. 3, vysoko nad hranicí „neuspokojivá“, a to $80,57 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ z lícu a $94,27 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ z rubu. Tento vzorek měl zároveň nejvyšší plošnou hmotnost $448,81 \text{ g}/\text{m}^2$ a druhou největší tloušťku $1,50 \text{ mm}$. Obě tyto skutečnosti mají vliv na vznik mezních vzduchových vrstev, které silně ovlivňují tepelný i výparný odpor v textiliích.

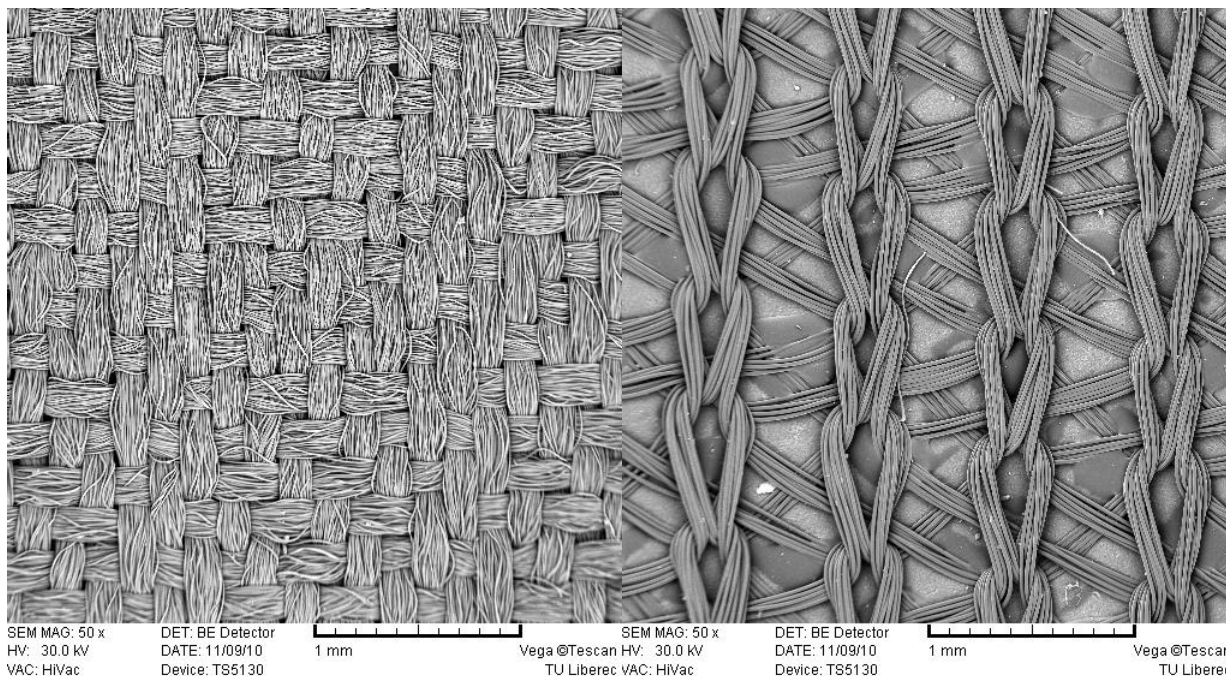
2.4.2 Porovnání vlivu struktury na výparný odpor

Struktura zkoumaných vzorků byla zjišťována pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu na katedře KTM.

Rastrovací elektronový mikroskop pracuje na principu použití úzkého svazku elektronů emitovaných ze žhavicí katody a urychlovaných v elektronové trysce. Paprsek je zpracován elektromagnetickými čočkami a je rozmístěn po povrchu pozorovaného objektu. Vzájemným působením elektronového svazku s povrchem pozorovaného objektu vznikají sekundární elektrony, ty po zachycení a zesílení zvyšují jas elektronového paprsku v pozorovací obrazovce, čímž na obrazovce vznikne obraz povrchu pozorovaného vzorku.[8]

Elektronový mikroskop dokáže pozorovaný objekt zvětšit až několikaset násobně. Díky tomu lze na zkoumaných vzorcích dobře pozorovat jejich vazbu, druh použitých vláken i způsob, jakým byla k vzorku připevněna polopropustná membrána.

2.4.2.1 Porovnání vzorků

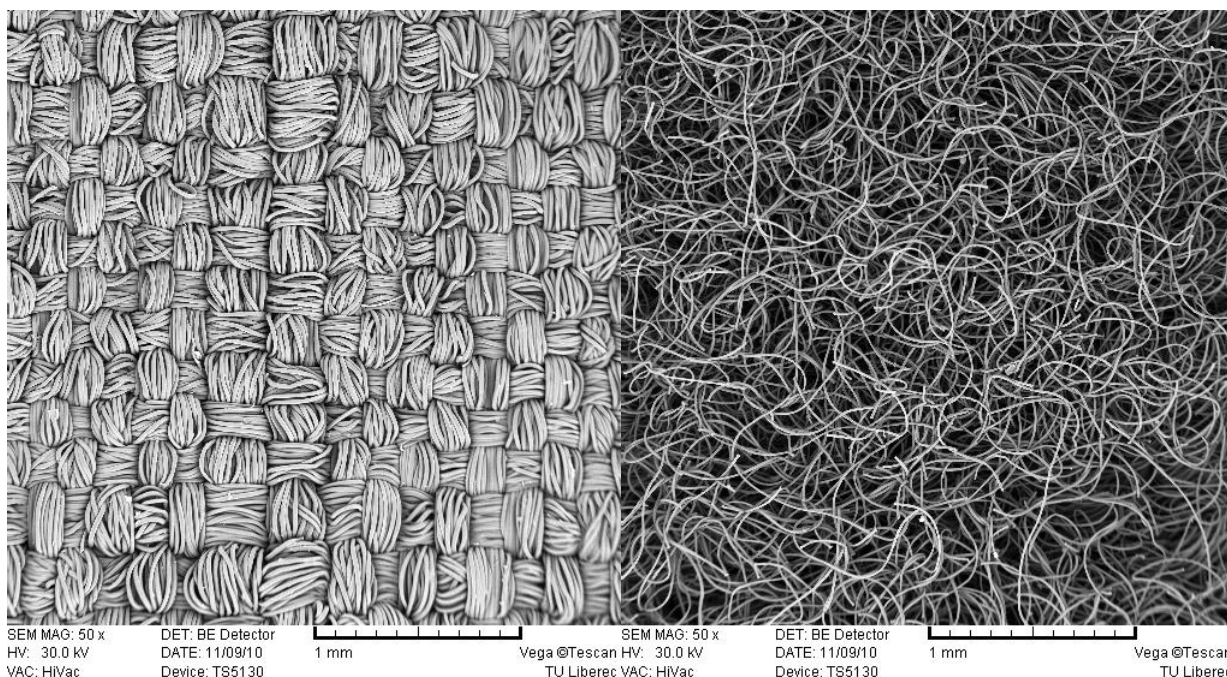


Obrázek 17: vzorek č. 1 líc

Obrázek 18: vzorek č. 1 rub

Na obrázcích č. 17 a 18 je zobrazen vzorek č. 1. Na rubní straně je dobře znatelné lepidlo, které spojuje membránu s osnovní pleteninou. Tato pletenina zvyšuje plošnou hmotnost a tloušťku vzorku. Tím se zvyšuje i vliv vzduchové mezery na výparný odpor. Vzorek č. 1 má druhé nejlepší hodnoty výparného odporu $Ret = 10,53 \text{ [Pa.m}^2\text{/W]}$ i paropropustnosti

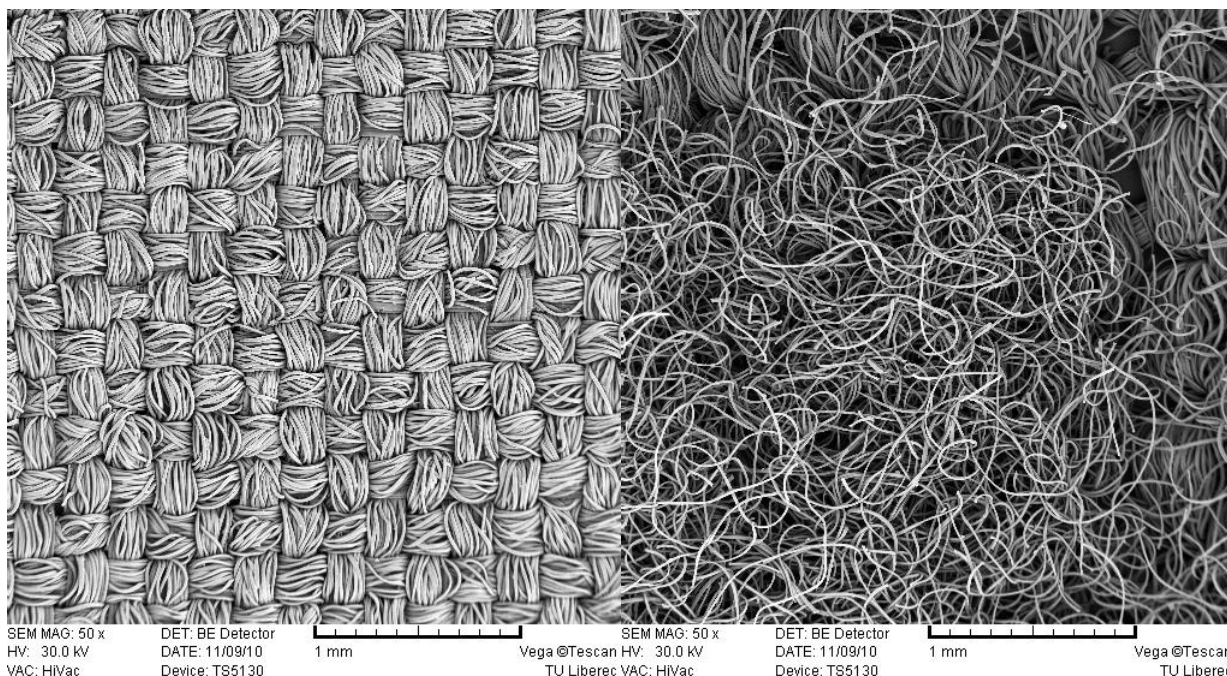
$P = 34,53 \%$. Těmito hodnotami se vzorek č. 1 přibližuje nejvíce ke vzorkům bez úpravy rubní strany membrány, toho je dosaženo právě díky tenké podšívce, která má za úkol chránit membránu před poškozením. Dostava vzorku č. 1 je $do = 64$ nití/cm a $dú = 50$ nití/1 cm.



Obrázek 19: vzorek č. 2 líc

Obrázek 20: vzorek č. 2 rub

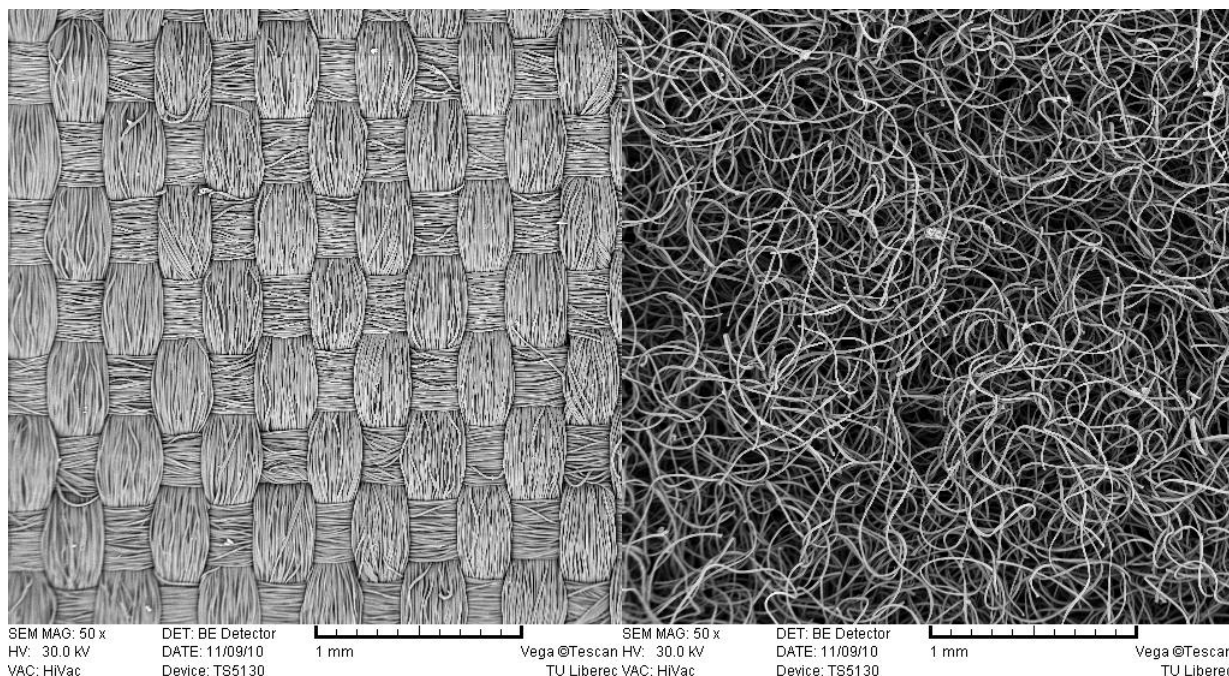
U vzorku č. 2 je vidět, že lícní tkanina je vyrobena z objemových přízí s použitím elastanových vláken. Dostava této tkaniny je $do = 52$ nití, $dú = 46$ nití/cm. Na obrázku č. 20 je znatelný vlasový povrch podšívky. Pletenina z rozřezanými vlasovými kličkami je použita z důvodu předpokládaného přímého styku s pokožkou. Vlasový povrch snadno odvede kapalnou vlhkost od pokožky do materiálu, kde může již jako plynná vlhkost projít skrze membránu do okolního prostředí. Nevýhodou tohoto materiálu je větší výparný odpor a nižší paropropustnost. Použitím objemových přízí a vlasového povrchu bylo docíleno většího množství vzduchových mezer. Ty v textilií vytvářejí mikroklima. Vzduch v textilií slouží jako největší izolátor, díky své nízké tepelné vodivosti ($\lambda_{\text{vzduch}} = 0,026$)[1] se zároveň zvýší tepelný i výparný odpor. Nelze tedy tento vzorek hodnotit jen podle normy jako „*nevyhovující*“, je nezbytné brát v úvahu i účel použití, kterým je v případě této textilie používání při nízkých teplotách.



Obrázek 21: vzorek č. 3 líc

Obrázek 22: vzorek č. 3 rub

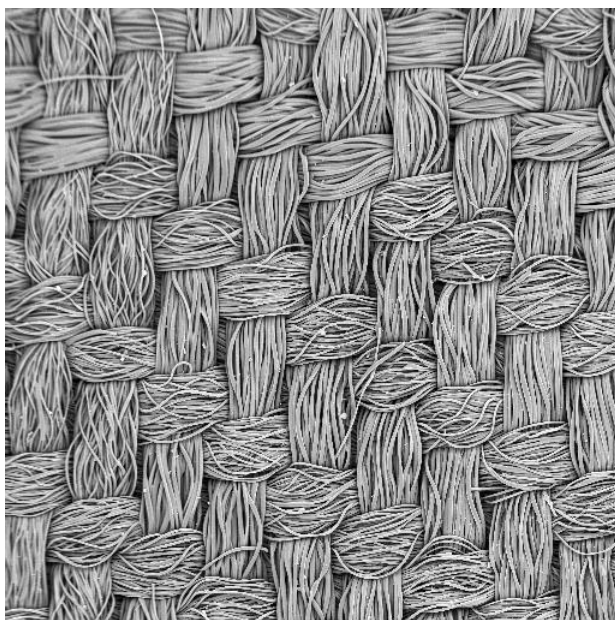
Stejně tak, jako vzorek číslo 2, má i vzorek číslo 3 objemové příze s elastanovým vláknem a velmi hustou dostavu. Dostavu tvoří $do = 55$ nití/cm a $dú = 49$ nití/cm. Podobnost se vzorkem č. 2 následuje i na rubní straně. Jak lze však vyčíst z obrázku č. 22, je na tomto vzorku mnohem znatelnější vzorování. Přestože jsou si vzorky č. 2 a 3 velmi podobné, mají i podobnou tloušťku (vzorek č. 2: 1,65 mm, vzorek č. 3: 1,5 mm), hodnoty jejich výparného odporu a paropropustnosti se významně liší. Hodnota propustnosti pro vodní páry u vzorku č. 2 dosahuje až 17,6 %, kdežto u vzorku č. 3 je tato hodnota značně nižší a to 4,78 %, z rubní strany však propustnost dosahovala až 30%. Stejně tak jako vzorek č. 2 je i tento materiál ovlivňován vzduchovými vrstvami, které zvyšují výparný odpor. I tato textilie je určena pro přímý styk s pokožkou za nízkých teplotních podmínek a je tedy žádoucí vyšší tepelný a s ním i výparný odpor.



Obrázek 23: vzorek č. 4 líc

Obrázek 24: vzorek č. 4 rub

Stejně tak jako vzorky 3 a 2, má i vzorek číslo 4 vlasový povrch rubní strany, na rozdíl od předcházejících dvou vzorků se výrazně liší na lící straně. Osnovní vazné body mají protáhlejší tvar a urovnaná vlákna. Navíc je lící tkanina zdobena vytkávaným vzorem kostek, které však nejsou zobrazeny na obrázku č. 23. I díky tomu má vzorek č. 4 největší tloušťku 1,73 mm, avšak zároveň oproti vzorku č. 3 téměř poloviční plošnou hmotnost $280,3 \text{ g/m}^2$. Hodnotami výparné odporu a paropropustnosti se nejvíce blíží ke vzorku č. 2. Dostavu tvoří $do = 42 \text{ nití /cm}$ a $dú = 29 \text{ nití/cm}$.

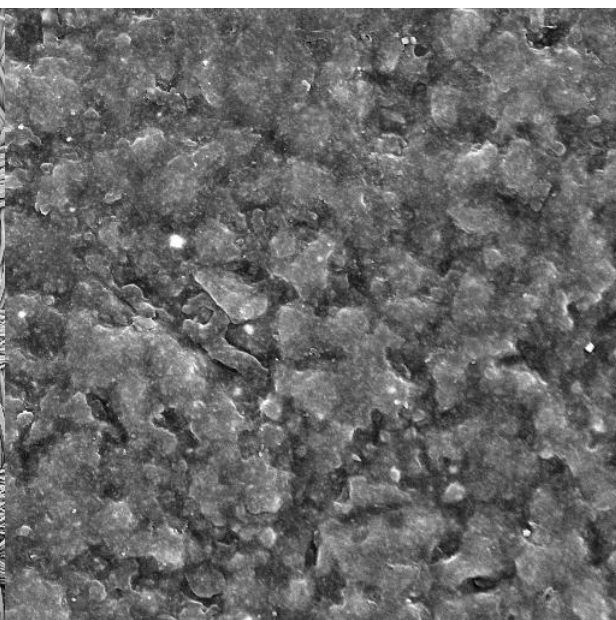


SEM MAG: 50 x
HV: 30.0 kV
VAC: HiVac

DET: BE Detector
DATE: 11/10/10
Device: TS5130

1 mm

Vega ©Tescan
TU Liberec



SEM MAG: 1.00 kx
HV: 30.0 kV
VAC: HiVac

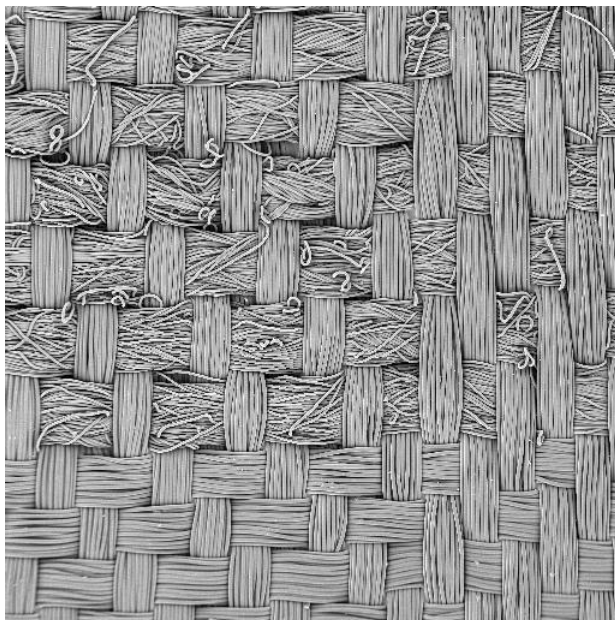
DET: BE Detector
DATE: 11/10/10
Device: TS5130

50 um

Vega ©Tescan
TU Liberec

Obrázek 25: vzorek č. 5 líc

Obrázek 26: vzorek č. 5 rub

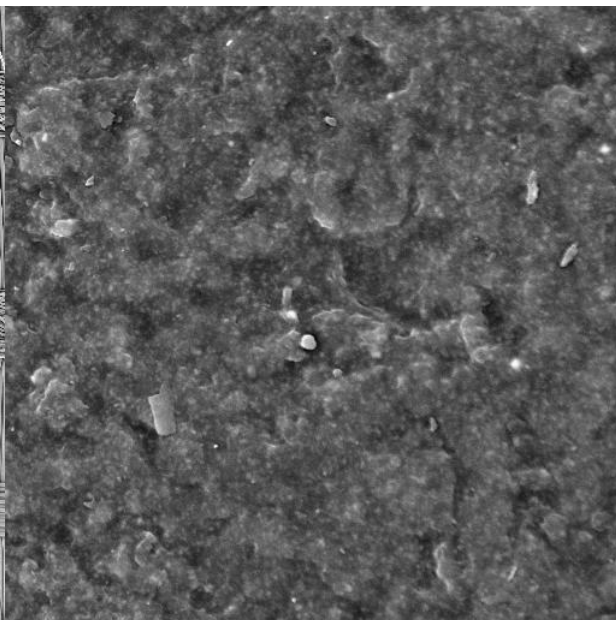


SEM MAG: 50 x
HV: 30.0 kV
VAC: HiVac

DET: BE Detector
DATE: 11/10/10
Device: TS5130

1 mm

Vega ©Tescan
TU Liberec



SEM MAG: 1.00 kx
HV: 30.0 kV
VAC: HiVac

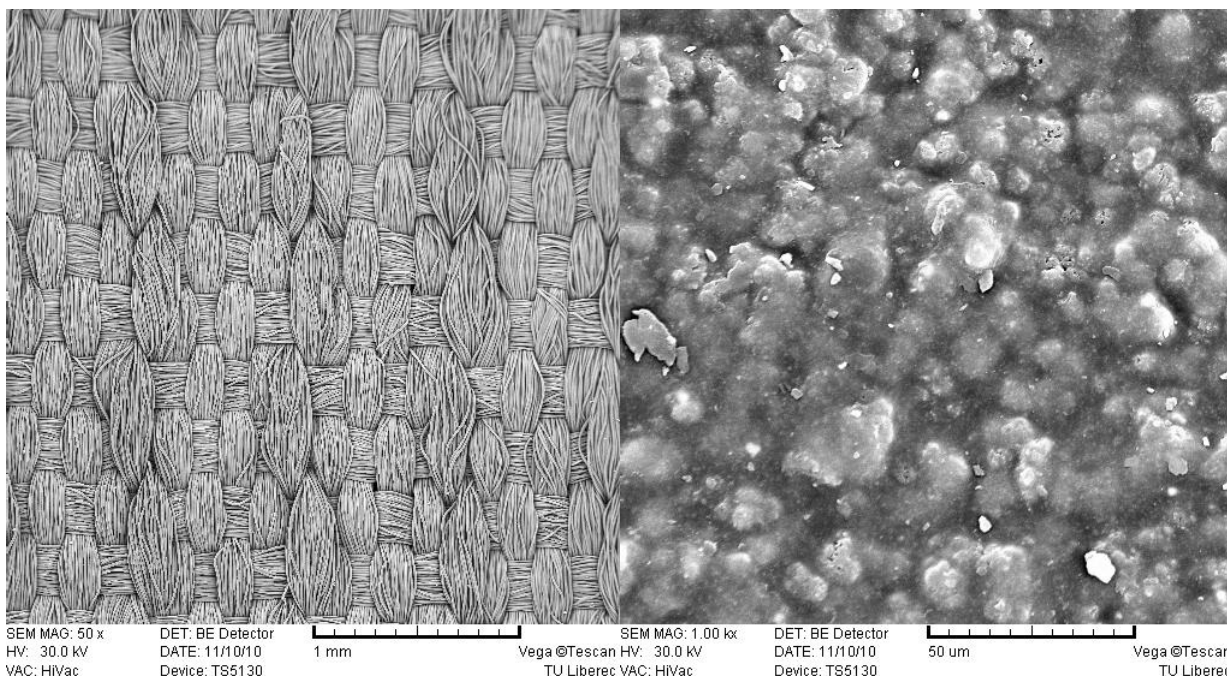
DET: BE Detector
DATE: 11/10/10
Device: TS5130

50 um

Vega ©Tescan
TU Liberec

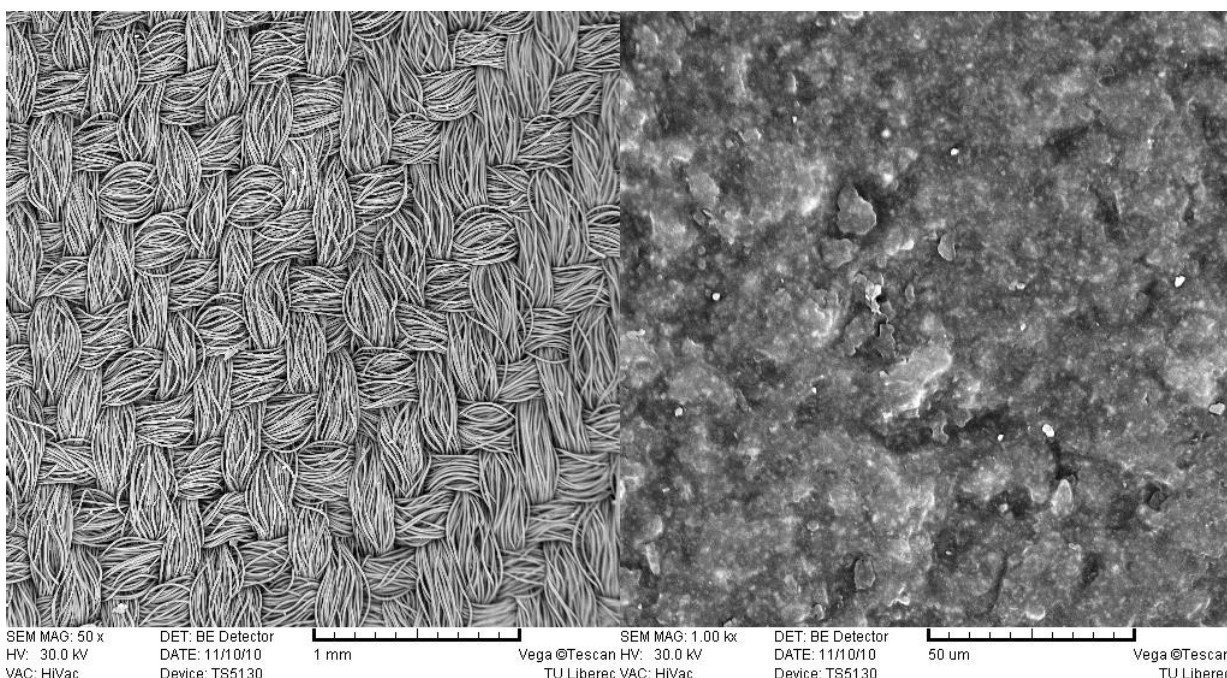
Obrázek 27: vzorek č. 6 líc

Obrázek 28: vzorek č. 6 rub



Obrázek 29: vzorek č. 7 líc

Obrázek 30: vzorek č. 7 rub



Obrázek 31: vzorek č. 8 líc

Obrázek 32: vzorek č. 8 rub

Poslední čtyři vzorky jsou řazeny mezi dvouvrstvé lamináty. Nejsilnější ze vzorků, je vzorek č. 5, jeho tloušťka je 0,4 mm, zároveň má i největší plošnou hmotnost $280,02 \text{ g/m}^2$. Dostava vzorku č. 5 je $do = 46 \text{ nití/cm}$ a $dú = 30 \text{ nití/cm}$. Dostava vzorku č. 6 je $do = 58 \text{ nití/cm}$ a $dú = 34 \text{ nití/cm}$. Dostava vzorku č. 7 $do = 63 \text{ nití/cm}$, $dú = 34 \text{ nití/cm}$. Dostava vzorku č. 8 $do = 63 \text{ nití/cm}$, $dú = 46 \text{ nití/cm}$. Hodnoty paropropustnosti vzorků č. 5, 6 a 8

se pohybují kolem 30 %, vzorek č. 7 je však výrazně převyšuje hodnotou 59,1 %.

Struktura vzorku č. 7 se výrazně liší od ostatních vzorků dvouvrstvých laminátů. Jako jediný nemá tento vzorek membránu spojenou s textilií souvislou vrstvou lepidla. Díky tomu vznikla v textilií navíc vzduchová mezeře. Položí-li se vzorek č. 7 lícem nahoru, rub – membrána se přímo dotýká měřicí hlavice a vlhkost jí prostupuje dále směrem k lícnímu povrchu tkaniny. Díky vzduchové mezeře má proudící vzduch přímý přístup k membráně a může tak snáze odvádět vlhkost ve formě páry. Celková paropropustnost se tak zvýší a výparný odpor je malý.

Když se však vzorek položí rubem nahoru a s měřicí hlavici má kontakt líc tkaniny, vlhkost ve formě páry musí nejdříve projít skrze tkaninu. Díky membráně, která izoluje tkaninu od okolního proudícího vzduchu, nic neurychluje pohyb vlhkosti od měřicí hlavice směrem k membráně a celková paropropustnost klesne. Koeficient přestupu vlhkosti prouděním β_p [$\text{kg/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$] je úměrný rychlosti vzduchu.

Přesto, že si jsou tyto vzorky značně podobné (všechny jsou dvouvrstvé lamináty), nelze příliš je vzájemně porovnávat. Každý vzorek vykazuje různou plošnou hmotnost, dostavu i tloušťku a není v možnostech této práce zabývat se podrobněji vlivem struktury textilií na jejich výparný odpor a paropropustnost.

Závěr

V předcházejících částech byl definován komfort a způsoby jeho hodnocení, popsány byly polopropustné textilie a přístroje, na kterých byly měřeny. Je zde také uveden postup měření a jejich výsledky.

Cílem této práce bylo zjistit, jaký vliv má orientace vzorku na jeho paropropustnost a také porovnat odchylky ve výsledcích získaných Klasickou gravimetrickou metodou s výsledky naměřenými na přístroji PERMETEST.

Paropropustnost a výparný odpor jsou velmi důležité parametry vzhledem k funkčnosti oděvních materiálů a z nich vyrobeného, především sportovního, zboží. K udržení stálého komfortu lidského organismu i za ztížených fyzických a povětrnostních podmínek by mělo napomáhat především použití membrán ve svrchním materiálu. Zajímavým zjištěním byl fakt, že se paropropustnost některých vzorků výrazně liší v závislosti na jejich orientaci vůči měřicí hlavici přístroje PERMETEST. Hodnoty paropropustnosti byly rovněž srovnávány s hodnotami paropropustnosti získanými pomocí Klasické gravimetrické metody. Nebylo však prokázáno, že měření přístrojem PERMETEST je výrazně přesnější, z důvodu, že měření neprobíhalo za přísně stacionárních podmínek.

Dále byla u vzorků zjišťována i tloušťka, plošná hmotnost a dostava a vzorky byly podrobeny zkoumání pod elektronovým mikroskopem.

V experimentální části této práce bylo prokázáno, že se hodnoty výparného odporu a paropropustnosti opravdu mění vzhledem k orientaci vzorku vůči měřicí hlavici přístroje PERMETEST. Výparný odpor a paropropustnost jsou vázány na strukturu vzorku, jeho materiál i způsob spojení vzorku s membránou, neboť prostup par je vyšší, čím vyšší je poréznost textilie.

Tato skutečnost se prokázala i na rozdělení textilních vzorků na třívrstvé a dvouvrstvé lamináty. Například vzorek č. 1, ač třívrstvý laminát, se svou tloušťkou i plošnou hmotností podobal spíše vzorkům číslo 5, 6, 7, a 8 reprezentujícím dvouvrstvé lamináty a to se projevilo i na podobných hodnotách paropropustnosti a výparného odporu jehož velikost se u všech zmiňovaných vzorků pohybovala kolem $Ret = 11 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. Pouze vzorek č. 7 měl velikost Ret ještě menší $Ret = 3,4 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$. Naproti tomu výsledky vzorků číslo 2, 3, a 4, představující třívrstvé lamináty, byly silně ovlivněny vzduchovou mezní vrstvou, která zapříčinila vzrůst výparného odporu i pokles paropropustnosti. U vzorku č. 3

byl výparný odpor roven $Ret = 80,57 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ a paropropustnost dosahovala pouhých 4,87 %.

Největší rozdíl hodnot paropropustnosti měřené z rubní a lící strany byl zaznamenán u vzorku č. 7. Propustnost par měřena lící stranou nahoru dosahovala 59,1 % (po přidání podšívky až 63,67 %), kdežto při měření rubní stranou položenou nahoru byla zjištěna paropropustnost jen 23,83 %. Tento rozdíl byl vysvětlen vlivem proudění vzduchu ve vzduchových mezerách mezi textilií a membránou a pórovitostí samotné textilie.

Vzorky byly také měřeny na přístroji PERMETEST s přidáním mezivrstvy podšívky. Tato měla snížit velikost rozdílů hodnot získaných měřením z lících a rubních stran zkoumaných textilií. Ke snížení rozdílů došlo u vzorků č. 2, 3, 4, 6, 7, a 8 při měření paropropustnosti. Toto snížení však nebylo příliš výrazné. Nejvíce se k sobě přiblížily hodnoty líce a rubu u vzorku č. 6 a to o 5,1 %. U vzorků č. 1 a 5 se rozdíly naopak zvětšily.

Zdroje:

- [1] Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií, skripta TU Liberec, 2005. 109 str., ISBN 80-7083-926-0
- [2] Kočárková, J.: Na TUL měří komfortní vlastnosti textilií [on-line]. [cit. 17. 5. 2010] Dostupné na internetu <<http://tuni.tul.cz/gf/print.php?id=eDM0ODE=x>>
- [3] Kuneš J., Veselý Z., Honner M.: Tepelné bariéry, Praha: Academia, 2003. ISBN 80-200-1218-4
- [4] ČSN 80 0855, VYDAVATELSTVÍ ÚNM, Jihlava, 1976
- [5] Alpine Pro: Vlastnosti použitých materiálů. [on-line]. [cit. 16. 8. 2010] Dostupné na internetu <<http://www.alpinepro.cz/cze/article/soft-shell-windbarrier-1875>>
- [6] Alpine-shop - infoweb [on-line]. [cit. 16. 8. 2010] Dostupné na internetu <http://www.alpine-shop.cz/clanky/index.php?id_odk=16&uroven=1>
- [7] Sewer outdoor [on-line]. [cit. 28. 8. 2010] Dostupné na internetu <<http://www.sewerout.cz/Materialy/#m14>>
- [8] Katedra textilních materiálů [on-line]. [cit. 17. 11. 2010] Dostupné na internetu <<http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/?q=cs/rem>>

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Plošná hmotnost zkoušených textilií

Tabulka č. 2: Propustnost vodních par z lící strany

Tabulka č. 3: Propustnost vodních par z rubní strany

Tabulka č. 4: Propustnost textilií pro vodní páru – klasická metoda

Tabulka č. 5: Výparný odpor (líc)

Tabulka č. 6: Výparný odpor (rub)

Seznam obrázků

- Obrázek č. 1: Schéma přístroje PERMETEST
- Obrázek č. 2: Zkušební misky se silikagelem a vzorky materiálu
- Obrázek č. 3: Vzorek č. 1
- Obrázek č. 4: Vzorek č. 2
- Obrázek č. 5: Vzorek č. 3
- Obrázek č. 6: Vzorek č. 4
- Obrázek č. 7: Vzorek č. 5
- Obrázek č. 8: Vzorek č. 6
- Obrázek č. 9: Vzorek č. 7
- Obrázek č. 10: Vzorek č. 8
- Obrázek č. 11: Relativní propustnost vodních par
- Obrázek č. 12: Propustnost par líc x rub
- Obrázek č. 13: Výparný odpor Ret
- Obrázek č. 14: Propustnost par s podšívkou
- Obrázek č. 15: Výparný odpor s podšívkou
- Obrázek č. 16: Srovnání výsledků měření paropropustnosti
- Obrázek č. 17: Vzorek č. 1 líc
- Obrázek č. 18: Vzorek č. 1 rub
- Obrázek č. 19: Vzorek č. 2 líc
- Obrázek č. 20: Vzorek č. 2 rub
- Obrázek č. 21: Vzorek č. 3 líc
- Obrázek č. 22: Vzorek č. 3 rub
- Obrázek č. 23: Vzorek č. 4 líc
- Obrázek č. 24: Vzorek č. 4 rub
- Obrázek č. 25: Vzorek č. 5 líc
- Obrázek č. 26: Vzorek č. 5 rub
- Obrázek č. 27: Vzorek č. 6 líc
- Obrázek č. 28: Vzorek č. 6 rub
- Obrázek č. 29: Vzorek č. 7 líc
- Obrázek č. 30: Vzorek č. 7 rub
- Obrázek č. 31: Vzorek č. 8 líc
- Obrázek č. 32: Vzorek č. 8 rub

Seznam příloh

Příloha 1: Naměřené hodnoty – přehled

Příloha 2: Vzorky materiálů

Příloha 1

Naměřené hodnoty – přehled

vzorek	Váha [g/m ²]	Tloušťka [mm]	Permetest – výparný odpor [Pa.m ² /W]		Permetest – paropropustnost [%]		Klasická metoda [%]	Permetest – výparný odpor s podšívkou		Permetest – paropropustnost s podšívkou	
			Líc	Rub	Líc	Rub		Líc	Rub	Líc	Rub
1	197,25	0,32	10,53	14,23	34,53	27,20	15,10	5,13	10,57	49,33	29,70
2	514,12	1,65	19,90	32,70	17,60	12,93	16,72	21,77	24,90	19,10	14,73
3	448,81	1,50	80,57	94,27	4,87	30,07	5,49	71,30	96,40	6,57	4,87
4	280,30	1,73	26,83	23,27	13,20	15,43	15,74	29,0	23,0	14,87	16,6
5	280,02	0,40	11,27	20,27	31,33	17,63	20,90	7,73	22,87	39,17	17,37
6	224,27	0,22	12,93	34,10	27,33	10,93	12,50	14,77	31,83	24,40	12,83
7	222,92	0,26	3,40	11,47	59,10	23,83	21,48	2,73	11,83	63,67	31,43
8	227,87	0,30	11,53	10,77	32,03	29,50	20,24	9,87	11,17	31,17	30,53

Příloha 2

Vzorek č. 1	
Líc	Rub

Vzorek č. 5	
Líc	Rub

Vzorek č. 2	
Líc	Rub

Vzorek č. 6	
Líc	Rub

Vzorek č. 3	
Líc	Rub

Vzorek č. 7	
Líc	Rub

Vzorek č. 4	
Líc	Rub

Vzorek č. 8	
Líc	Rub